

DISEÑO DE GABINETE DIDÁCTICO PARA UN CONTROLADOR LÓGICO  
PROGRAMABLE

OSCAR EDUARDO GUTIERREZ GIRALDO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2020

DISEÑO DE GABINETE DIDÁCTICO PARA UN CONTROLADOR LÓGICO  
PROGRAMABLE

OSCAR EDUARDO GUTIERREZ GIRALDO

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNOLOGÍA EN  
MECATRÓNICA

HENRY WILLIAM PEÑUELA  
PROFESOR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2020

## RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad diseñar un gabinete didactico para un controlador logico programable que permite hacer mas facil, seguro y ademas de extenso el aprendizaje de el PLC, dicho equipo tiene como objetivo principal suplir las necesidades que se presentan normalmente en los laboratorios de ingenierias para el aprendizaje de los automatats programables, elementos de control y potencia.

Para la construccion de este proyecto se ha realizado un estudio del panorama actual de los dispositivos y equipos en los laboratorios, se llevaron acabo encuestas, consultas con docentes y estudiantes buscando cuales eran las necesidades y inconvenientes que presentaban, una vez recopilada dicha informacion, se diseñaron prototipos en herramientas tipo CAD tanto para el area electrica como mecanica que con el tiempo dieron como resultado un equipo que suplia todas las necesidades y no se limitaba solo a un tipo de aprendizaje o practica, ya que podia ser utilizado en diferentes labores, espacios, ademas de esto se le agrego un codigo al automata para facilitar pruebas en el proceso de enseñanza.

## INTRODUCCIÓN

Los equipos electrónicos han avanzado mucho desde sus inicios a través de los años dando solución a cantidad de problemas y facilitando numerosos procesos tanto industriales como domésticos, uno de esos equipos electrónicos es el controlador lógico programable (PLC) el cual ya lleva varios años en nuestro mundo facilitando la automatización de todo tipo de procesos, este equipo que inicio como una solución a un problema eléctrico de la General motor, evolución hasta convertirse en uno de los equipos más usados por las industrias, este pequeño pero poderoso equipo le permite al operario controlar cantidad de variables en los procesos que se estén realizando, tomar decisiones y al mismo tiempo comunicarse con otros equipos siendo estas solo una pequeña parte entre la cantidad de funciones que puede cumplir, es por eso que para los ingenieros en las áreas afines a la automatización tener el conocimiento adecuado para operar este equipo es totalmente indispensable, siendo esto una necesidad tan grande, las universidades y centros de estudio de ingenierías en áreas de automatización buscan enseñar a sus estudiantes correctamente a operar dicho equipo, el inconveniente en este proceso es que el PLC puede llegar a tener costos algo elevados y su mala operación puede llevar a que su tiempo de vida se acorte, buscando una solución a esto, grandes empresas de países como Alemania, Estados unidos entre otros tantos empezaron a diseñar y fabricar equipos didácticos para el aprendizaje del PLC, el problema con estos se presenta en que los costos de adquisición de dichos equipos siguen siendo muy altos, es por eso que la carrera de ingeniería mecatrónica de la Universidad Tecnología de Pereira presenta en este proyecto su propio diseño de un gabinete didáctico para PLC, cumpliendo así con las necesidades de aprendizaje y facilitando su acceso debido a que todos sus componentes serán fácilmente conseguidos en el país. Este equipo será diseñado en softwares tipo CAD y responderá a las necesidades presentadas por los mismos estudiantes y docentes de la universidad.

## CONTENIDO

	pág.
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	8
1.1 NACIMIENTO DE LOS EQUIPOS DIDACTICOS Y LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES .....	8
1.2 DEFINICIONES IMPORTANTES.....	10
CAPÍTULO 2 2.1 PANORAMA DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA PARA EL APRENDIZAJE CORRECTO DEL PLC .....	12
2.2 NECESIDADES DE LOS ESTUDIANTES DURANTE EL PROCESO DE APRENDIZAJE DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). .....	13
CAPÍTULO 3. DESARROLLO Y SIMULACIÓN DEL GABINETE.....	14
3.1 BOCETOS DEL DISEÑO:.....	14
3.2 PASO A PASO DEL DISEÑO FINALIZADO – DISEÑO DE EQUIPOS, DIAGRAMA ELECTRICO Y EL POR QUE DE CADA COMPONENTE.....	17
3.2.1 Diseño de diagrama electrico: .....	18
3.2.2 Diseño mecanico del equipo:.....	22
3.3. ESTRUCTURA DEL GABINETE DIDACTICO:.....	30
3.4. GABINETE DIDACTICO TOTALMENTE ENSAMBLADO:.....	33
3.5 PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO .....	35
CAPÍTULO 4. COMPONENTES ELÉCTRICOS, LEYES CIRCUITALES Y CÁLCULO DE PROTECCIONES ....	36
4.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS. ....	36
4.2 LEYES CIRCUITALES: .....	46
4.2.1 Codigo Electrico Colombiano NTC 2050: .....	46
4.3 CALCULO PARA LAS PROTECCIONES: .....	47
4.4 MANUAL DE ENSAMBLAJE .....	48
ANÁLISIS DE RESULTADO .....	49
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXO .....	56

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Primer boceto de gabinete	14
Ilustración 2. Primer boceto de gabinete perfil	15
Ilustración 3. Primer boceto de gabinete perfil cercano	16
Ilustración 4. Primer boceto de plano electrico del equipo.	17
Ilustración 5. Diseño final del equipo	18
Ilustración 6 Diagrama eléctrico	18
Ilustración 7. Pilotos y elementos de control de potencia de equipo (circuito).	19
Ilustración 8. Pulsadores, rele y baliza de señalizacio (circuito).	20
Ilustración 9. Circuito de gabinete terminado – Representacion circuito PLC	21
Ilustración 10. Circuito de gabinete terminado – Representacion circuito reles y clemas.	22
Ilustración 11. Diseño del PLC thinget en inventor	23
Ilustración 12. Diseño de baliza de señalizacion en inventor	24
Ilustración 13. Diseño de contactor en inventor	25
Ilustración 14. Diseño de piloto en inventor	25
Ilustración 15. Diseño de rele miniatura y base en inventor	26
Ilustración 16. Diseño parte alta pulsador	26
Ilustración 17. Diseño parte baja pulsador	27
Ilustración 18. Selector 2 posiciones 22mm	27
Ilustración 19. Diseño fuente switchada	28
Ilustración 20. Diseño rele estado solido mini y base	28
Ilustración 21. Diseño breaker 2L	29
Ilustración 22. Diseño conector tipo banana (hembra)	29
Ilustración 23. Diseño mesa metalica para gabinete	30
Ilustración 24. Diseño de estructura gabinete didactico.	31
Ilustración 25. Diseño de estructura gabinete didactico en perfil.	32
Ilustración 26. Diseño de estructura gabinete didactico – representacion elementos.	33
Ilustración 27. Diseño de estructura gabinete didactico – gabinete y mesa	34
Ilustración 28. Programacion del PLC	35
Ilustración 29. Baliza de señalizacion	36
Ilustración 30. Conector tipo banana hembra	37
Ilustración 31. Base relevo	37
Ilustración 32. Base relevo miniatura	38
Ilustración 33. Breaker 2L	38
Ilustración 34. Breaker 3L	39
Ilustración 35. Canaleta ranurada	39
Ilustración 36. Clema	40
Ilustración 37. Clema porta fusible	40
Ilustración 38. Contactor	41

Ilustración 39. Fuente 24DC	41
Ilustración 40. Piloto luminoso	42
Ilustración 41. PLC thinget	42
Ilustración 42. Potenciometro lineal	43
Ilustración 43. Pulsador	44
Ilustración 44. Rele termico	44
Ilustración 45. Releva miniatura	45
Ilustración 46. Riel din	45
Ilustración 47. Selector	46
Ilustración 48. Presupuesto	49
Ilustración 49. Encuesta pregunta 1	56
Ilustración 50. Encuesta preguntas 2,3,4	57
Ilustración 51. Encuesta preguntas 5 y 6	58
Ilustración 52. encuesta preguntas 7,8,9 y 10	59
Ilustración 53. encuesta – resultado 1	60
Ilustración 54. encuesta – respuestas 2	61
Ilustración 55. encuesta – respuesta 3	62
Ilustración 56. encuesta – respuesta 4	63
Ilustración 57. Encuesta – respuesta 5	64
Ilustración 58. Encuesta – respuesta 6	64

## CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1 NACIMIENTO DE LOS EQUIPOS DIDACTICOS Y LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

#### 1.1.1 Equipos didácticos.

La historia de los equipos o material didáctico es casi tan antigua como la propia enseñanza, aunque suele citarse como referente del primer material propiamente didáctico a la obra *Orbis Sensualium Pictus* de J.A. Comenio, elaborada en el siglo XVII en Transilvania y cuya primera publicación fue en Núremberg en 1658 en latín y Alemán, ya que representa la creación del primer texto o manual generado con la intencionalidad de facilitar la transmisión de conocimiento combinando el texto escrito con representaciones pictóricas así como incorporar la lengua vernácula del alumnado a las páginas impresas.

Durante el Imperio Romano o posteriormente, a lo largo de la Edad Media, la enseñanza se apoyaba en las demostraciones y explicaciones orales ofrecidas por el maestro. Era la transmisión del saber personal, el adulto enseñaba lo que conocía y había ido adquiriendo a lo largo de su experiencia vital, no lo que estaba en los libros. La entrada, presencia y generalización de los textos impresos y otros materiales didácticos en la enseñanza fue un proceso lento y gradual desarrollado a lo largo de varios siglos (aproximadamente desde el siglo XVI hasta el siglo XIX) que fue creciendo de modo paralelo a la consolidación de la obra impresa como canon del saber occidental, y a la aparición de una racionalidad didáctica que teorizaba y pretendía sistematizar la acción y procesos de enseñanza.

Sin embargo, el material didáctico no alcanza su plenitud o al menos sus señas de identidad hasta la aparición de los sistemas escolares a mediados del siglo XIX.

Hoy en día los equipos didácticos son fabricados en gran cantidad por grandes empresas ubicadas en todo el mundo, entre estas se encuentran empresas como: Delorenzo que agrupa a otras empresas dedicadas totalmente a el área de la enseñanza, manejando equipos para carreras desde ingeniería eléctrica pasando por ingeniería mecánica, electrónica y terminando por carreras como ingeniería química.

#### 1.1.2 Controlador Lógico Programable (PLC).

Según Dick Morley, el padre indiscutible del PLC, "El controlador programable se detalló el día de Año Nuevo de 1968". La empresa, General Motors buscaba solucionar los problemas que tenía con los gigantes bancos de relés en sus plantas y para solucionarlo requería un sistema de estado sólido flexible como una computadora de fácil mantenimiento para trabajo en entorno industrial y modular,



entre otros requerimientos. El proceso de creación fue lento y difícil y no fue hasta la fundación de la empresa Modicon por parte de Dick Morley que se pudo suplir las necesidades de la G.M. y el primer PLC salió al mercado, este equipo tenía la capacidad de funcionar con señales de entrada y salida, lógica interna de bobina, contacto de relé, temporizadores y contadores.

A principios de los 70, los PLC ya incorporaban el microprocesador. En 1973 aparecieron los PLCs con la capacidad de comunicación - Modbus de MODICON. De este modo, los PLCs eran capaces de intercambiar información entre ellos y podían situarse lejos de los procesos y los objetos que iban a controlar. Así se incorporaron también más prestaciones como manipulación de datos, cálculos matemáticos, elementos de comunicación hombre-máquina, etc. A mediados de los años 70 – apareció la tecnología PLC, basada en microprocesadores bit-slice. Los principales productores de PLCs en esos tiempos se convirtieron en compañías como: Allen-Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique, General Electric etc. Además, se realizaron mejoras como el aumento de su memoria, la posibilidad de tener entradas/salidas remotas tanto analógicas como numéricas, funciones de control de posicionamiento, aparición de lenguajes con mayor número de funciones y más potentes y el aumento del desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores. Por ese entonces, las tecnologías dominantes de estos dispositivos eran máquinas de estados secuenciales y con CPUs basadas en el desplazamiento de bit. Fue en los años 80 cuando se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP de General Motor, se consiguió también reducir las dimensiones de los PLC y se pasó a programar con una programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los terminales clásicos de programación. Así, en la década de los 80 se mejoraron las prestaciones de los PLCs referidas a: velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, concentración del número de entradas/salidas en los respectivos módulos, desarrollo de módulos de control continuo, PID, servos controladores y control inteligente. Los años 90 mostraron una reducción gradual en el número de protocolos nuevos y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que lograron sobrevivir a los años 80. El último estándar, IEC 1131-3, trata de unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Hoy en día disponemos de PLCs que pueden ser programados en diagramas de bloques, listas de instrucciones o incluso texto estructurado al mismo tiempo. [3]

## 1.2 DEFINICIONES IMPORTANTES

### 1.2.1 PLC

El controlador lógico programable (PLC) es un instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)

Estos equipos tienen un funcionamiento cíclico, actualizan sus entradas, las condiciones de las entradas se leen y convierten en señales binarias o digitales. Estas señales se envían a la CPU y se guardan en los datos de la memoria, después la CPU ejecuta el programa del usuario, el cual ha sido cargado secuencialmente en la memoria, durante la ejecución del programa se generan señales de salida y por último se actualizan las salidas. Tras la ejecución de la última parte del programa, las señales de salida son convertidas en las señales apropiadas para los actuadores. [10]

En cuanto al idioma de programación de estos equipos, encontramos varios tipos siendo Ladder el más popular, los diagramas de Ladder son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. Se le llama también escalera por que se asemejan a una escalera con dos rieles verticales (de alimentación) y escalones (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones. [11]

### 1.2.2 Equipo didáctico

los equipos didácticos, no son más ni menos que la solución a una necesidad en la enseñanza, con el paso del tiempo la tecnología ha ido cambiando y aumentando al punto en el que la encontramos en cada lugar en el que estamos, la operación de muchos equipos puede ser tan sencilla que hasta un niño puede operarlas, pero en áreas como la industria se requiere de experiencia y conocimiento del funcionamiento, debido a esto surgen en las aulas equipos que son fabricados con el fin de capacitar; estos equipos son seguros de operar y pueden ser llevados al límite sin riesgo de dañarse o dañar al operario.

### 1.2.3 Componentes usados como protecciones para equipos electrónicos

Para proteger los equipos electrónicos que en este caso son los PLC, hay gran cantidad de elementos, entre los que encontramos los fusibles un fusible está compuesto por un filamento o lamina de metal que se quema para cortar el paso de la corriente eléctrica. Si por cualquier razón esta corriente comienza a aumentar y llegara a entrar al circuito con un valor demasiado alto, arruinaría el dispositivo eléctrico. [12] También encontramos otro tipo de componentes para

proteger las salidas del PLC, estos componentes son los relés de estado sólido ya que poseen la característica que entre la corriente del circuito de control y la corriente del circuito de potencia no existe ningún punto donde se conecten, se unan o interfieran una con la otra. Esto es de suma importancia para independizar el circuito de control (PLC) del de potencia. [13]

#### 1.2.4 Automatización industrial.

La automatización industrial es el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana. Dicho de otro modo, se trata de automatizar las tareas y procesos repetitivos, fatigosos, o molestos y dejar que sean las máquinas quienes los hagan.

Lo cierto es que la automatización de procesos también busca mejorar los tiempos de ciclo de producción de un producto, permitiendo producir más en menor tiempo, con menos errores y de manera repetitiva, garantizando la uniformidad en la calidad del producto final de un lote a otro.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 PANORAMA DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA PARA EL APRENDIZAJE CORRECTO DEL PLC

Dado el crecimiento poblacional y económico del país, son cada vez más los estudiantes que ingresan a las universidades, como es lógico debido a los altos costes de estas, los mismos estudiantes optan por las universidades públicas, las cuales no solo tienen costos menores para el aprendizaje si no que tienen altos niveles académicos comparadas con la mayoría de universidades privadas, el problema que se presenta con estas universidades es que debido al crecimiento en la población de estudiantes y a los recortes económicos o a una mala planeación económica por parte del gobierno en cuanto a presupuesto para educación, dichas sedes no cuentan con los recursos para mantener su nivel académico ya que carecen de fondos para la adquisición de muchos equipos necesarios para el correcto aprendizaje, es por eso que queriendo saber cual es el panorama actual de el laboratorio de mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira, se realizo una encuesta ademas de una consulta con algunos docentes, dicha encuesta, debido al objetivo del proyecto, estuvo enfocada en el aprendizaje del PLC.

Del anterior proceso se logra identificar la ubicación del laboratorio, el cual se encuentra en el sotano del edificio 15, el laboratorio se encuentra dividido en varios espacios, entre ellos oficinas, un area para secretaria, un area para reuniones y tres espacios para estudio, 2 de esos espacios cuenta en su mayoría con equipos de computo para el aprendizaje, y algunos elementos como componentes electronicos, equipos de impresión 3d entre otros, el tercer espacio del laboratorio cuenta con una division, dicha division separa el area de neumatica e hidraulica con el area de automatizacion, redes, equipos electronicos industriales, en este ultimo espacio es donde se realiza la mayor parte del aprendizaje de los automatats programables, el salon cuenta con varios computadores, un torno, un modulo de automatizacion, equipos electronicos de potencia y de control, PLCs de la marca siemens, thinget, entre otros. De los PLCs anteriores, varios se encuentran fuera de servicio debido a las malas practicas, otros requieren softwares con demasiados requisitos para correr y debido a su costo su uso se ve limitado, en cuanto a los elementos de potencia, se cuenta con unos cuantos contactores, elementos de expansion y selectores y pulsadores, ademas de unos cuantos motores con su respectivo variador.

## 2.2 NECESIDADES DE LOS ESTUDIANTES DURANTE EL PROCESO DE APRENDIZAJE DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

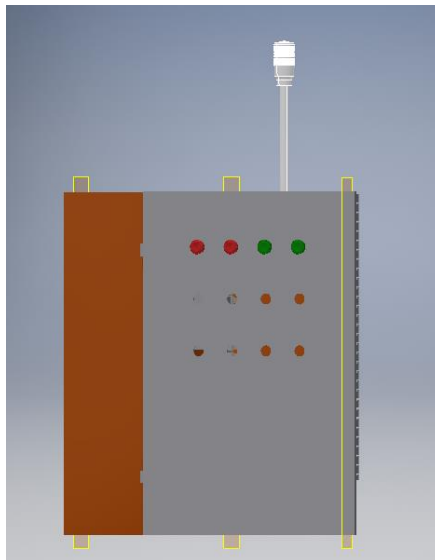
Para determinar cuales eran las necesidades que presentaban los estudiantes, se realizo una encuesta, dicha encuesta iba ser presentada a los estudiantes de forma presencial por medio de un acercamiento en el laboratorio y en aulas de clase o horarios de descanso, debido a los inconvenientes que se presentaron por la pandemia actual y la cuarentena que esta provoco, se opto por una encuesta online, la cual se envio a los correos institucionales, dicha encuesta explicaba a travez de una pequeña introduccion el motivo por el cual era realizada y cual era la finalidad de obtener dicha informacion, las preguntas se enfocaron a conocer problemas, falencias, necesidades y viabilidad de este proyecto, la encuesta arrojó datos que mostraban la urgencia de ejecutar este diseño, los estudiantes y docentes aportaron informacion acerca de los equipos que para ellos eran de mayor importancia, compartieron datos importantes acerca de inconvenientes debido a el uso de elementos y equipos defectuosos, la dificultad que presentaban los equipos al limitarse a un solo espacio de trabajo y su difícil movilidad, ademas de esto se enfocaron en que los equipos debian llevar protecciones contra errores en las practicas y la capacidad de usarse diferentes elementos sin limitarse a uno solo

### CAPÍTULO 3. DESARROLLO Y SIMULACIÓN DEL GABINETE.

En este capítulo se mostrara los bocetos previos al diseño final, tanto electricos como mecanicos, despues se mostrara el diseño final y se explicara el por que de cada parte del diseño.

3.1 BOCETOS DEL DISEÑO: dados los requisitos anteriormente mostrados en este documento, se construyeron los siguientes bocetos del diseño:

Ilustración 1. Primer boceto de gabinete



Fuente Autocad inventor – El autor.

Este primer boceto como se observa en la imagen, era un simple gabinete metalico que incluia todos los equipos que los estudiantes y docentes habian elegido en la encuesta y por medio de consulta directa, los inconvenientes por los cuales se dejo como un simple boceto se debe a que no fue del agrado del director y a que no cumplia con las características necesarias para dejar de ser un banco de control y pasar ser un gabinete didactico.

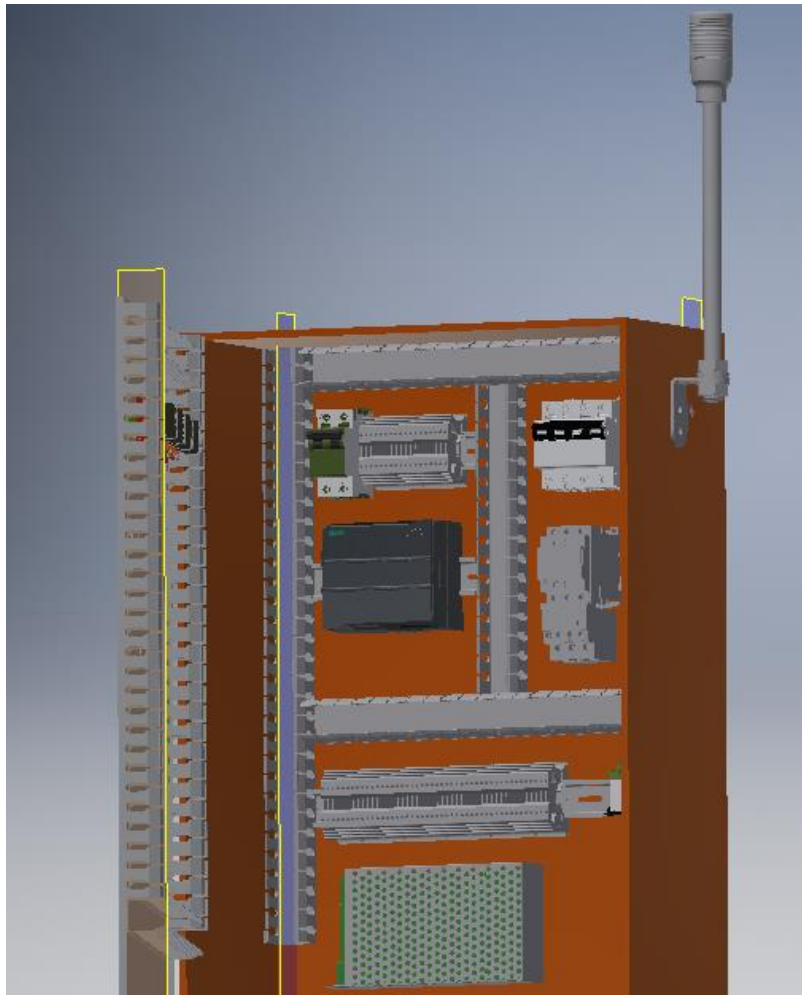
Ilustración 2. Boceto inicial de gabinete - perfil



Fuente Autocad inventor – El autor.

Como se ve en las ilustraciones, este primer diseño a diferencia de nuestro equipo final, contaba con un PLC S7 1200 de la siemens ya que según las encuestas este equipo es además del THINGET, uno de los mas usados en el laboratorio, en este boceto, aun no se contaban con las protecciones en las entradas del equipo y la fuente de 24 volts en DC se limitaba solo para conexiones diferentes a la alimentacion del PLC, ya que este funciona a una tension de 110volts.

Ilustración 3. Primer boceto de gabinete perfil cercano



Fuente Autocad inventor – El autor.

Descubrimos que el uso de un gabinete para equipos de control industrial como opción para ser la base del montaje del gabinete didáctico, dificultaba mucho las prácticas, ya que realizar conexiones se hace mucho más complejo y conectar equipos exteriores es difícil, entendimos que este diseño no era para nada práctico, ya que no se contaba ni siquiera con espacio para agregar los componentes de protección en las entradas y salidas y mucho menos con un método que le permitiera al estudiante ensamblar y desensamblar componentes además de realizar conexiones y desconexiones fácilmente.



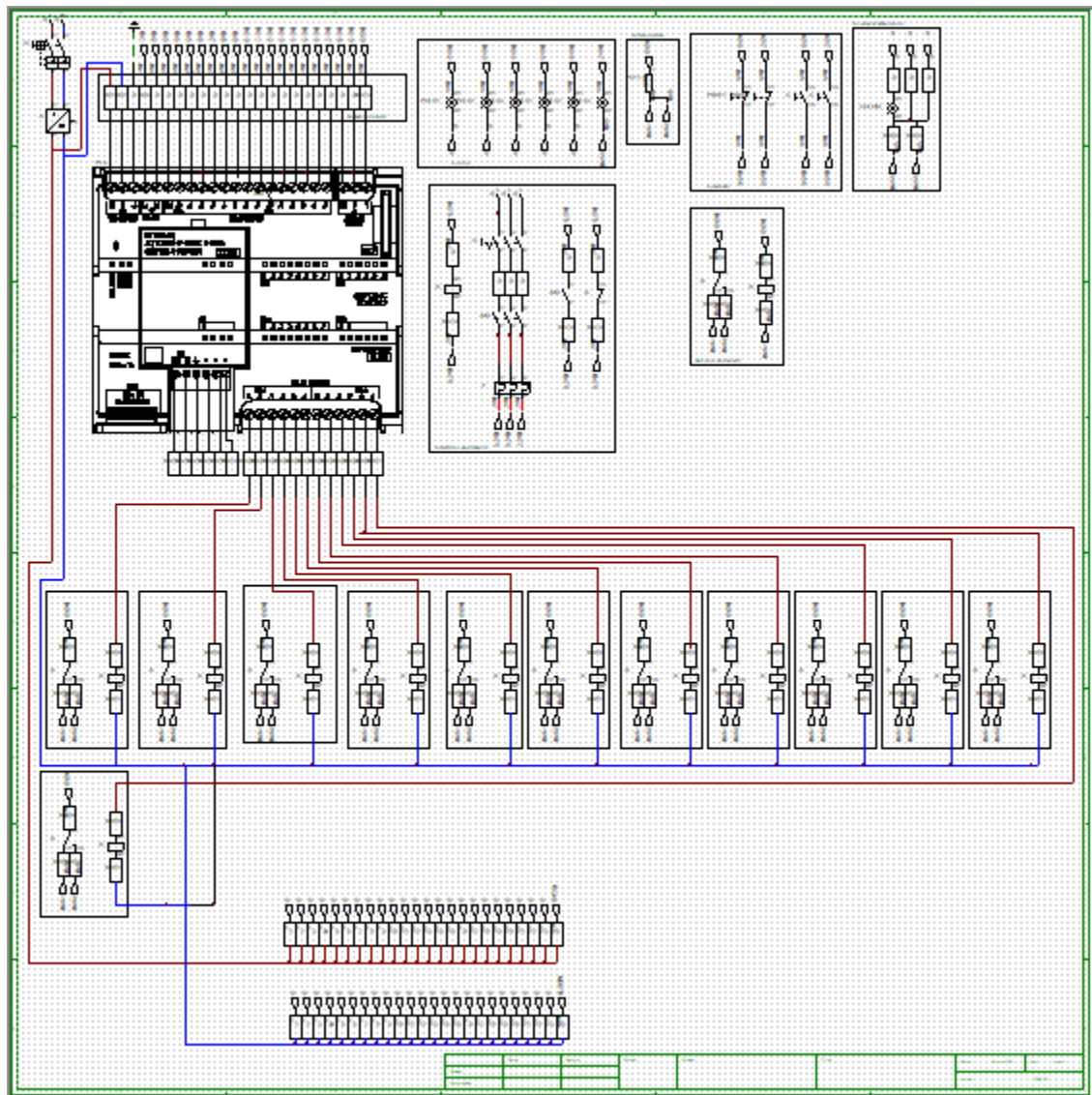
El plano electrico que observamos aquí, es del primer diseño, en el se observan gran parte de los equipos, este plano cuenta con algunos problemas de diseño ya que quedo resagado a un simple boceto, en el momento que el diseño mecanico fue rechazado.

### 3.2 PASO A PASO DEL DISEÑO FINALIZADO – DISEÑO DE EQUIPOS, DIAGRAMA ELECTRICO Y EL POR QUE DE CADA COMPONENTE.

### 3.2.1 Diseño de diagrama eléctrico:

Para realizar el diseño del diagrama eléctrico, usamos un software conocido como CAdE\_SIMU. El CAdE SIMU es un software electrotécnico que nos permite la creación de diagramas de mandos eléctricos, a través de él es posible crear casi todo tipo de circuitos eléctricos y simular el funcionamiento. Principalmente enfocado en Comandos Eléctricos, PLC y neumática, desde arranque directo de motores hasta arranque de motores con ayuda de soft starter e inversores de frecuencia.

Ilustración 5. Diseño final del equipo

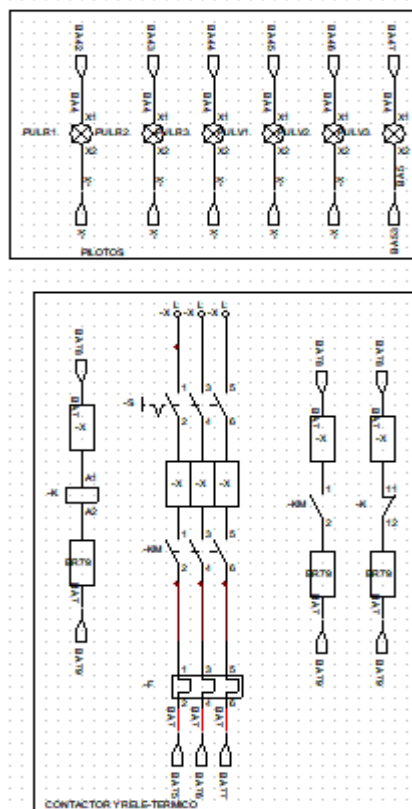


Fuente CadeSimuV3 – Diseño Oscar Eduardo Gutierrez

El circuito muestra todas las conexiones que se realizan para el ensamblado corrector del equipo, cuenta con los reles que protegen las salidas del PLC, borneras con fusible que protegen las entradas al PLC, ya que el software no tenía una representación para este tipo de componente, se usaron las borneras normales y se indicó en un recuadro que contaban con fusibles, se cuentan además con 48 borneras para mayor cantidad de conexiones 24 de ellas cuentan con una salida de 24 vdc y las otras 24 como neutros, estas también conectadas a las bananas hembras al igual que todas las otras borneras del circuito, cumpliendo el requisito de los estudiantes y profesores para el diseño, se agregaron 4 pulsadores, dos de ellos normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, 6 pilotos luminosos, un selector de varias posiciones, un potenciómetro lineal, la baliza de señalización, un rele mini, por fuera de los que acciona el PLC y el contactor con su propio breaker y rele térmico, con el fin de que se puedan conectar equipos de potencia, cada equipo tiene borneras y bananas que facilitan sus conexiones de forma didáctica, lógicamente en el diseño no se visualizan conectados, ya que esto depende de la práctica o actividad que realicen los docentes y estudiantes.

A continuación agregaremos más fotos del diseño, que permitan visualizar mejor:

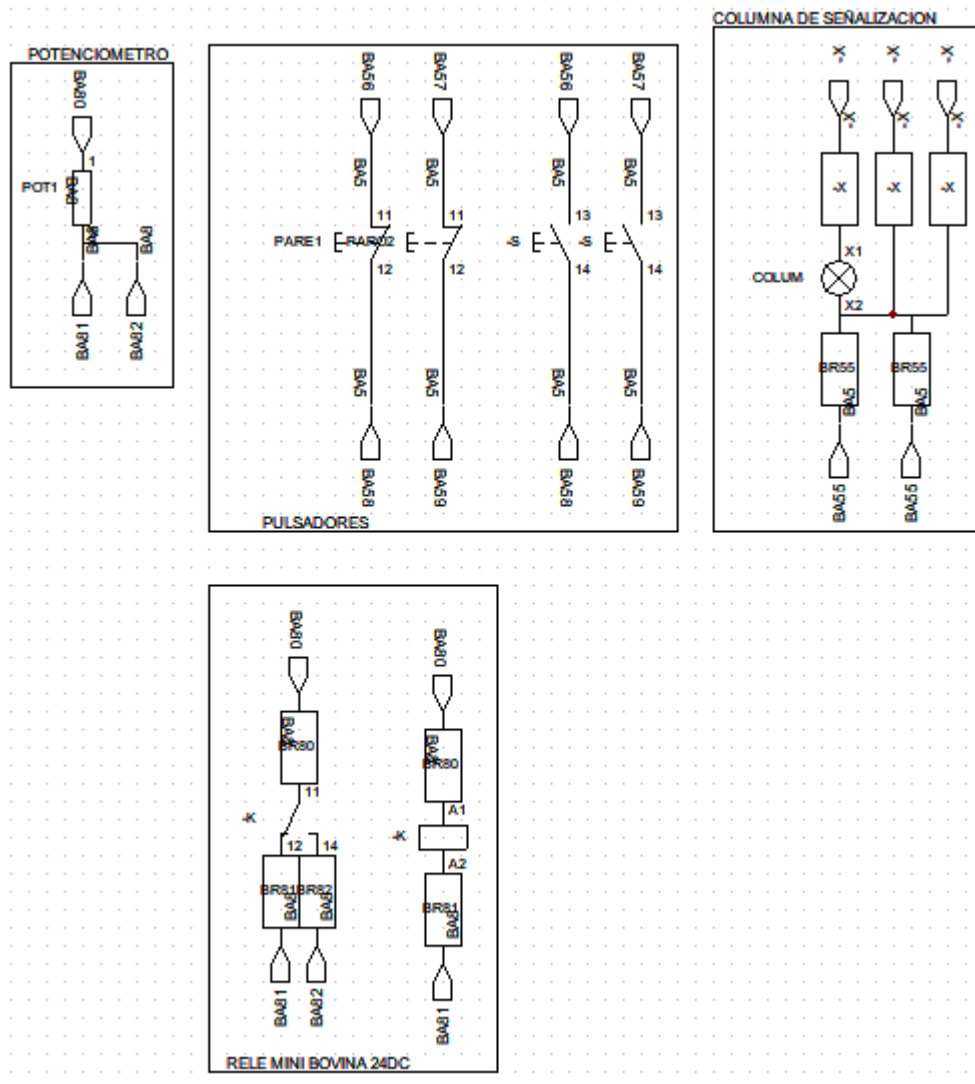
Ilustración 7. Pilotos y elementos de control de potencia de equipo (circuito).



Fuente CadeSimuV3 – Diseño Oscar Eduardo Gutierrez

En esta imagen visualizamos el circuito, de los pilotos luminosos, contactor con su respectiva bovin, contacto normalmente cerrado y normalmente abierto los cuales dependen del contactor que se desee instalar, ademas de el rele termico y un breaker que protege a la entrada de potencia del equipo.

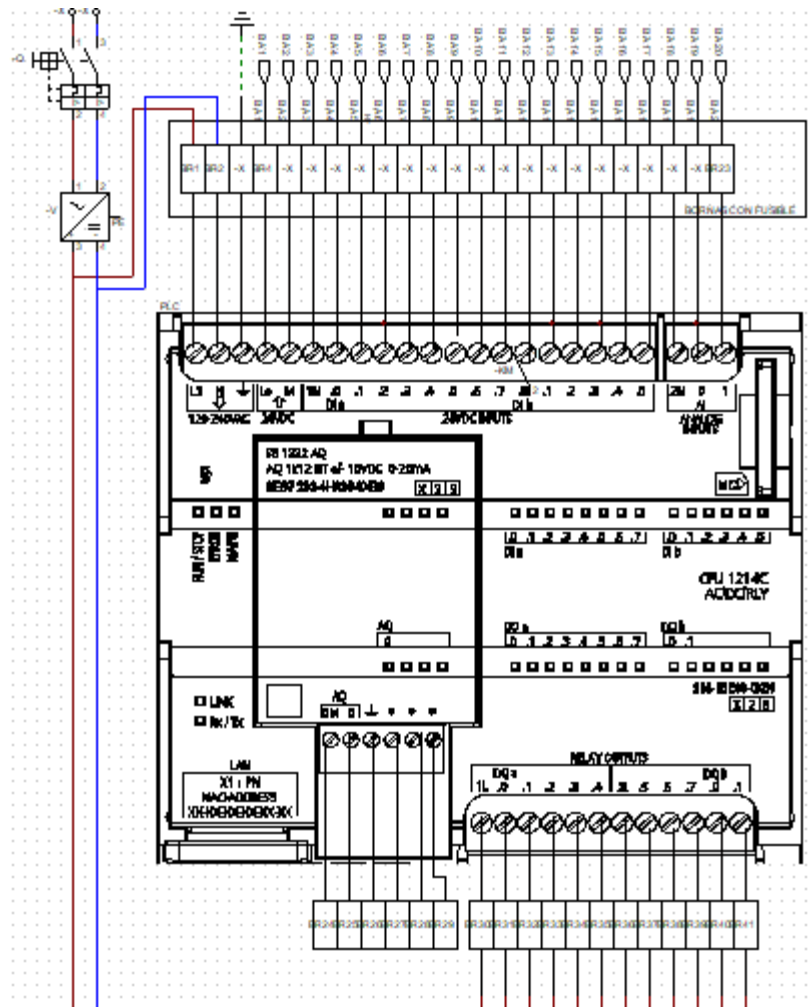
Ilustración 8. Pulsadores, rele y baliza de señalizacio (circuito).



Fuente CadeSimuV3 – Diseño Oscar Eduardo Gutierrez

En esta imagen observamos los circuitos de los pulsadores normalmente cerrados y normalmente abiertos, junto con los de baliza, el rele mini y el potenciómetro lineal, todos conectados a sus bornas y entradas de banana.

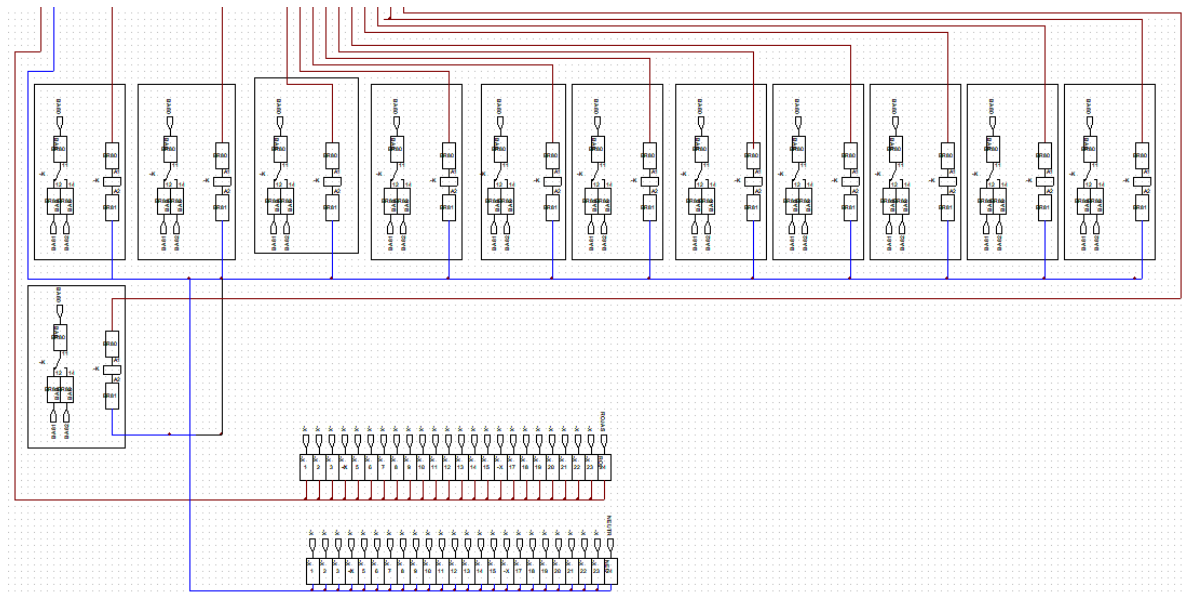
Ilustración 9. Circuito de gabinete terminado – Representacion circuito PLC



Fuente CadeSimuV3 – Diseño Oscar Eduardo Gutierrez

En esta imagen se observa el PLC, debido a que el PLC usado, para ser exactos el thinget XC3-32-C no se encontraba en la librería ni ninguno de esta marca, usamos otro equipo como representacion, ya que contenia la cantidad de entradas y salidas suficientes, aquí ademas observamos las protecciones de la entrada del equipo, la alimentacion por parte de la fuente de tension de 24vdc, y la proteccion de entrada que es el breaker.

Ilustración 10. Circuito de gabinete terminado – Representacion circuito relés y clemas.



Fuente CadeSimuV3 – Diseño Oscar Eduardo Gutierrez

En esta ultima imagen del circuito, vemos las conexiones que salen del PLC hacia las bobinas del rele de estado solido, alli se observa que estos ya estan conectados al neutro del circuito y que los tres contactos del rele, que son el normalmente abierto, el comun y el normalmente cerrado, van a bornas y despues a su respectiva banana hembra, ademas de esto visualizamos las salidas de 24 volts en dc y los neutros para otro tipo de conexiones.

### 3.2.2 Diseño mecanico del equipo:

Para el diseño mecanico del equipo, utilizamos la herramienta Autodesk Inventor. Inventor es el programa para diseño mecánico avanzado en 3D, con modelado paramétrico, directo y libre, tiene una capacidad base para realizar diseño de piezas, sus dibujos y ensambles de partes. En una versión profesional, Inventor ofrece simulación por elementos finitos, sistemas de movimientos, chapa metálica, ruteo de cables, plástico, moldes y administración de datos.

Con un programa como Autodesk Inventor, los diseñadores, ingenieros y emprendedores pueden conceptualizar ideas, crear modelos 3D y documentarlos para la vida real, también es posible someter el diseño a una validación virtual variando sus parámetros, analizando su resistencia, desde la optimización su forma hasta la preparación de moldes. Este escenario se puede contemplar para una pieza o para una maquina conformada por ensambles de piezas.

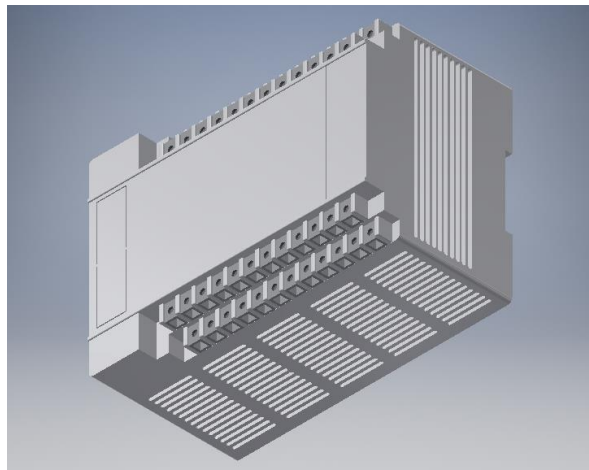
El motivo por el cual se usa esta herramienta en vez de otras aun mas conocidas, es debido a que sus requisitos sobre el equipo que la usa es menor y a que el conocimiento del diseñador es mayor con esta herramienta que con sus homologos ademas de que fue un requisito por parte del director el que fuera creada en dicha herramienta.

#### 3.2.2.1 Diseño de componentes del equipo:

Dado la cantidad de componentes que posee el gabinete didactico, el primer paso para diseñar el gabinete didactico fue la creacion de cada equipo, todos los equipos tienen las medidas reales, en algunos casos las medidas se sacaron de los componentes del laboratorio de mecatronica, dado que sus medidas reales no se conseguian en redes u otros medios.

PLC THINGET XC3-32R-C, Las dimensiones de este equipo se sacaron tanto de la ficha tecnica como de las medidas tomadas en el laboratorio de mecatronica, el motivo por el cual se eleigio este equipo por encima de los demas, es debido a su bajo costo, facil acceso y a que es uno de los mas usados en el laboratorio.

Ilustración 11. Diseño del PLC thinget en inventor



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez.

#### Baliza de señalizacion:

columna o baliza de señalizacion, las medidas son reales, este componente del diseño fue creado a partir de uno de los diseños de la librería de la schneider electric, este componente en su parte alta, cuenta con leds que alumbran de diferentes colores indicando, fallas, paradas, inicios, según lo programe el operario.

Ilustración 12. Diseño de baliza de señalizacion en inventor

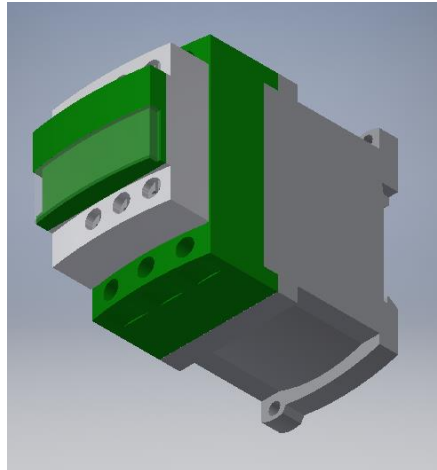


Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez.

**CONTACTOR:** Este equipo al igual que el anterior fue diseñado a partir de la referencia de un contactor de la schneider electric, sus medidas fueron tomadas de un equipo real, para ser exactos un LC1D32, el cual se encontraba entre los equipos que poseia el diseñador.



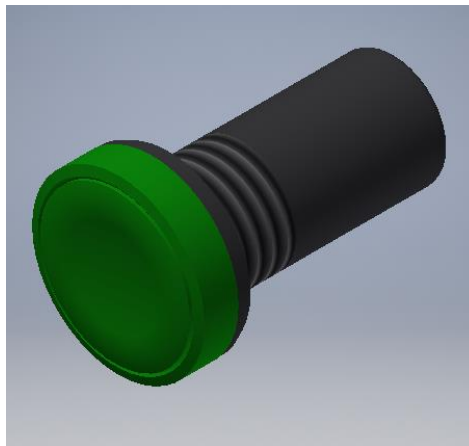
Ilustración 13. Diseño de contactor en inventor



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez.

**PILOTOS LUMINOSOS:** Este componente, es una representacion de los pilotos luminosos, debido a esto, no se diseñaron en su parte trasera la entrada de tornilleria para conexi3n electrica, igualmente cumple su funcion como representacion, en la foto podemos ver el piloto verde, en la simulacion final encontraremos tambien los pilotos luminosos de color rojo, de estos componentes se pueden encontrar 3 de cada color en el dise1o, cuyas conexiones estan echas a dos bananas hembra por cada piloto, su tension de funcionamiento es de 24 volts en dc.

Ilustraci3n 14. Dise1o de piloto en inventor

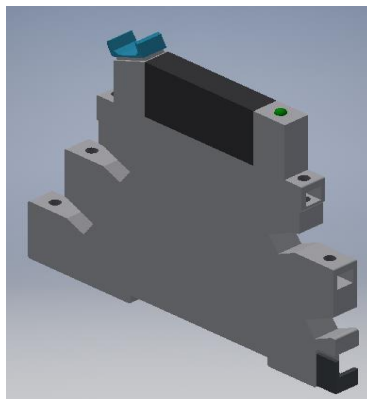


Fuente Autocad inventor – dise1o por Oscar Eduardo Gutierrez.

#### RELEVO SUB MINIATURA-UL 5 PINES 24 DC CON SU RESPECTIVA BASE:

Este componente se uso en el diseño debido a el ahorro de espacio que genera y como proteccion para las salidas del PLC, su diseño fue creado desde cero, tomando las medidas de su ficha tecnica, en total se usaron 24 de estos, el motivo de esta cantidad es que nos permite realizar cambios de PLC si asi se requiere, y no limita el gabinete a un solo etipo del equipo, ademas de que le permite al estudiante trabajar con ellos fuera del PLC.

Ilustración 15. Diseño de rele miniatura y base en inventor



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez.

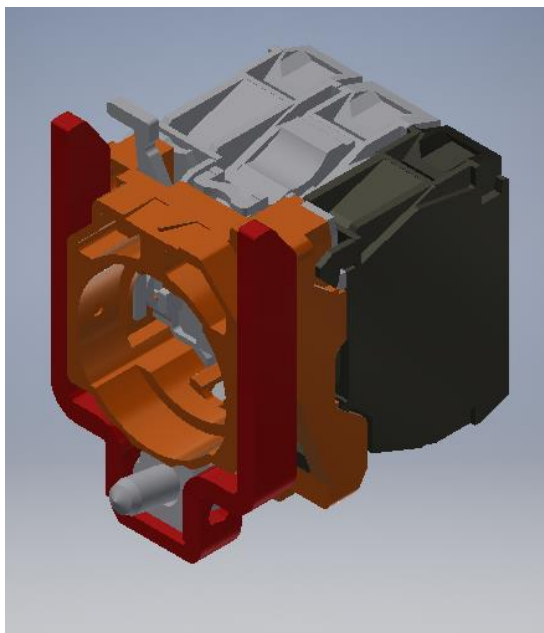
**PULSADORES:** En el equipo se usaron 2 tipos de pulsadores, de 22 milímetros, los normalmente abiertos de color verde y los normalmente cerrados de color rojo, el uso de estos equipos le permite al estudiante acostumbrarse a un ambiente mas industrial, ademas de que le permite realizar mayor numero de practicas, en el diseñp se e la parte baja del pulsador y la parte alta, este componente se modifiko de un diseño realizado previamente.

Ilustración 16. Diseño parte alta pulsador



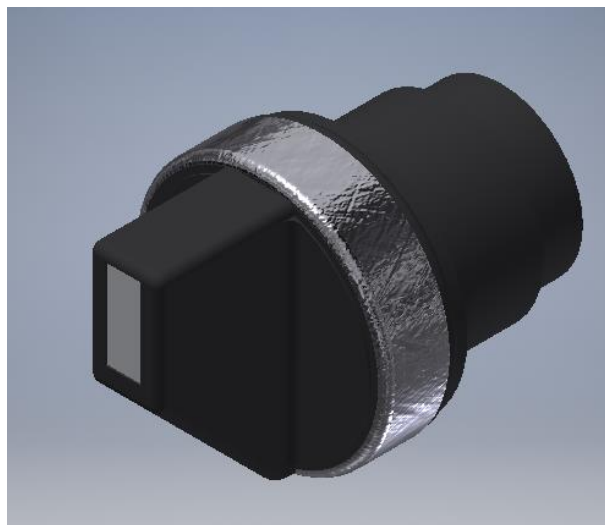
Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez.

Ilustración 17. Diseño parte baja pulsador



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Ilustración 18. Selector 2 posiciones 22mm

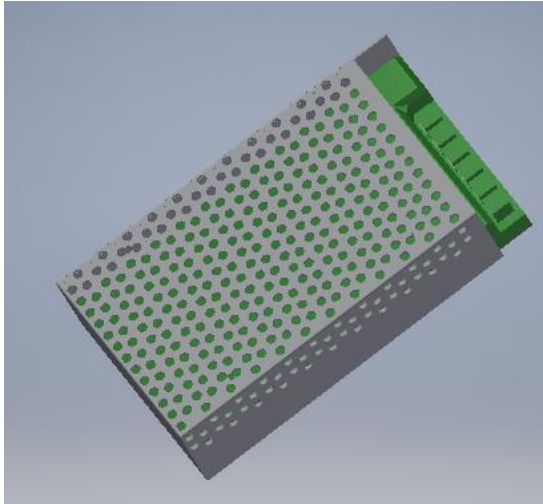


Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Fuente switchada 24dc/150w: El diseño de la representacion consta de dos partes, el esqueleto metalico que la protege y la propia fuente, el componente lleva las

medidas exactas del componente, y su función es la de alimentación de salidas y PLC principalmente, la potencia del equipo, como se dijo anteriormente, fue elegida por consulta a docentes y calculada según las necesidades.

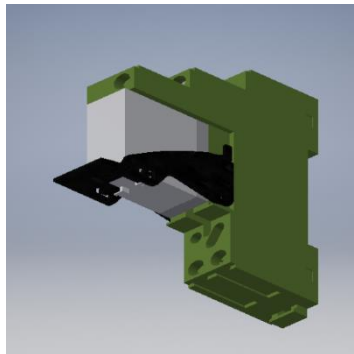
Ilustración 19. Diseño fuente switchada



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Relevo miniatura ul5 pines dc: este componente, aunque puede parecer que sobra en el diseño, se pidió como requisito para operación del contactor, o para realizar otro tipo de práctica, este componente es diferente a los demás relés debido a su tamaño y características técnicas, además de que puede ser operado sin necesidad de desconectar el cableado del PLC.

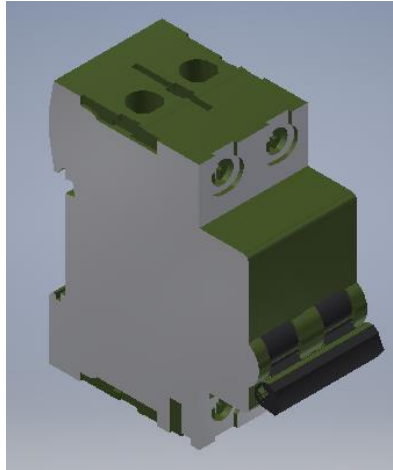
Ilustración 20. Diseño rele estado solido mini y base



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Breaker 2 L: representación del breaker del área de control del gabinete, este componente se encarga del PLC, la fuente, relés y las salidas de 24vdc

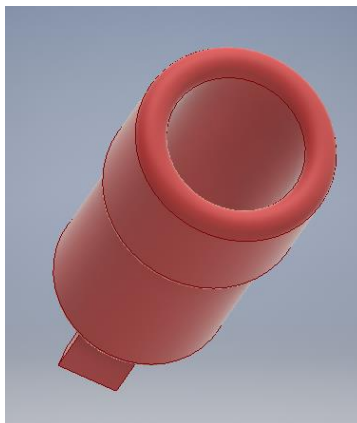
Ilustración 21. Diseño breaker 2L



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Conector tipo banana hembra: este componente es esencial en el gabinete, ya que permite al aprendiz y a el docente realizar todo tipo de conexiones y poner a prueba las características del PLC de una forma muy didáctica y segura, ya que no requiere que se atornille, se aprete o se organice el cable para lograr un paso de energía, solo una simple inserción con los conectores macho, en el diseño vemos la representación de este componente con medidas exactas, en el diseño final notamos que hay más colores, esto nos permite identificar que función cumplen y a que equipo responden.

Ilustración 22. Diseño conector tipo banana (hembra)



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Mesa metalica para modulo: estructura diseñada para la ubicación del gabinete didactico, que posee rodachinas para su traslado, ademas de que sus medidas son precisas para trabajar sobre ella, teniendo en la parte delantera una altura de 100cm y trasera de 160cm, con un angulo de inclinacion de 45 grados

Ilustración 23. Diseño mesa metalica para gabinete

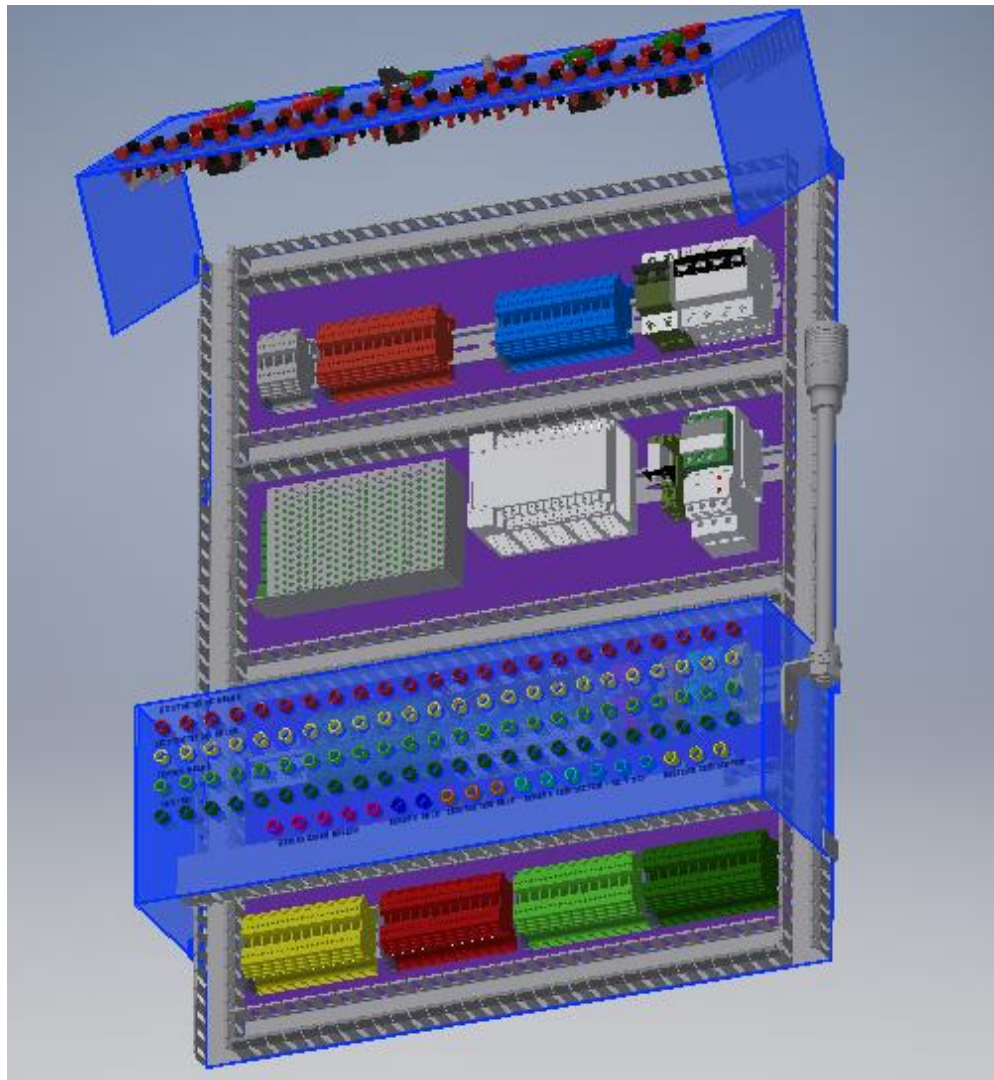


Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

### 3.3. ESTRUCTURA DEL GABINETE DIDACTICO:

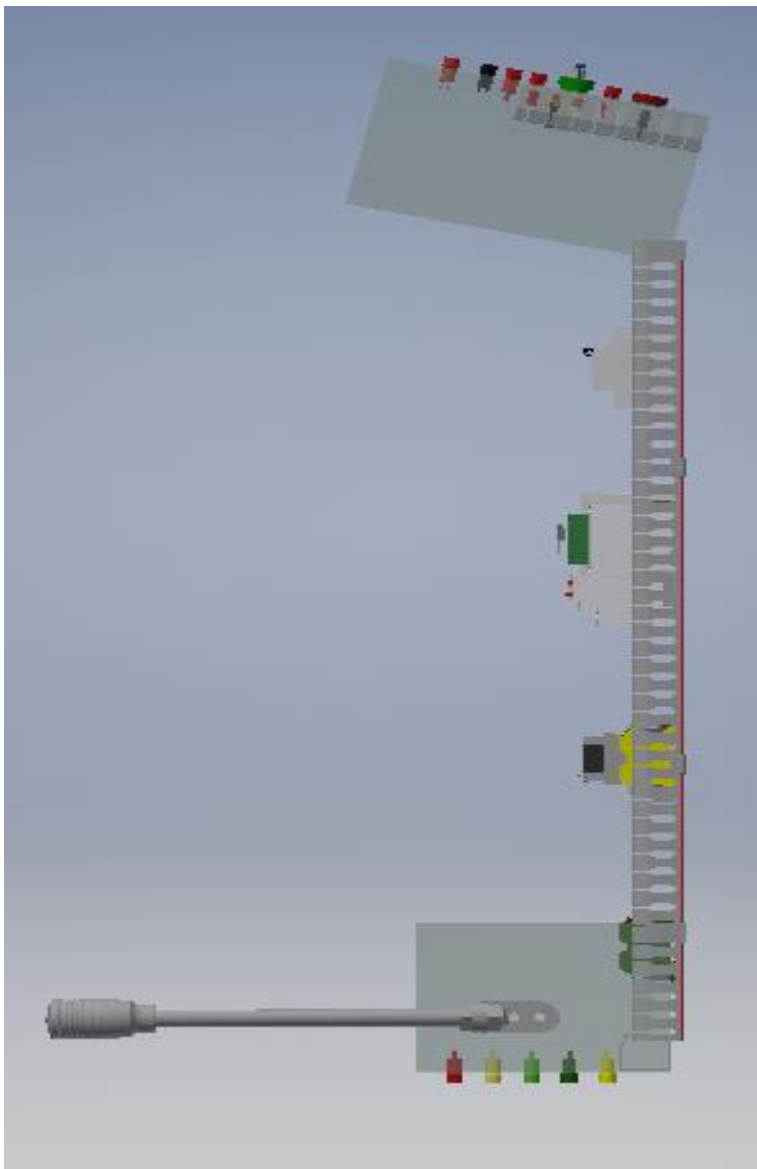
Como se observa en la imagen, el gabinete cuenta con un diseño simple que consiste en una lamina metalica de 81cm por 63 cm, sobre la que van ubicados todos los componentes, como tapas del gabinete, se instalaron 2 de ellas en acrilico transparente el cual permite visualizar las conexiones en la parte baja, estas tapas estan unidas a visagras que permiten que se levanten y da un acceso mas facil a los demas equipos.

Ilustración 24. Diseño de estructura gabinete didactico.



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Ilustración 25. Diseño de estructura gabinete didactico en perfil.



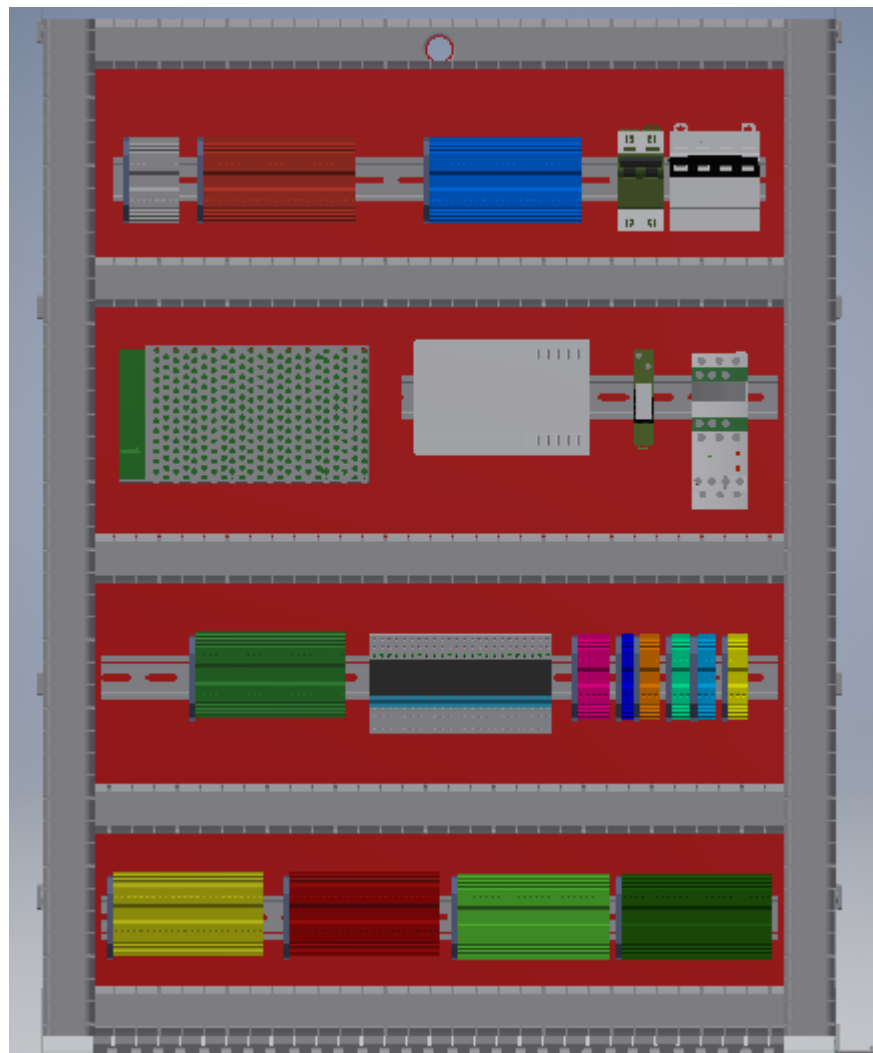
Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez



### 3.4. GABINETE DIDACTICO TOTALMENTE ENSAMBLADO:

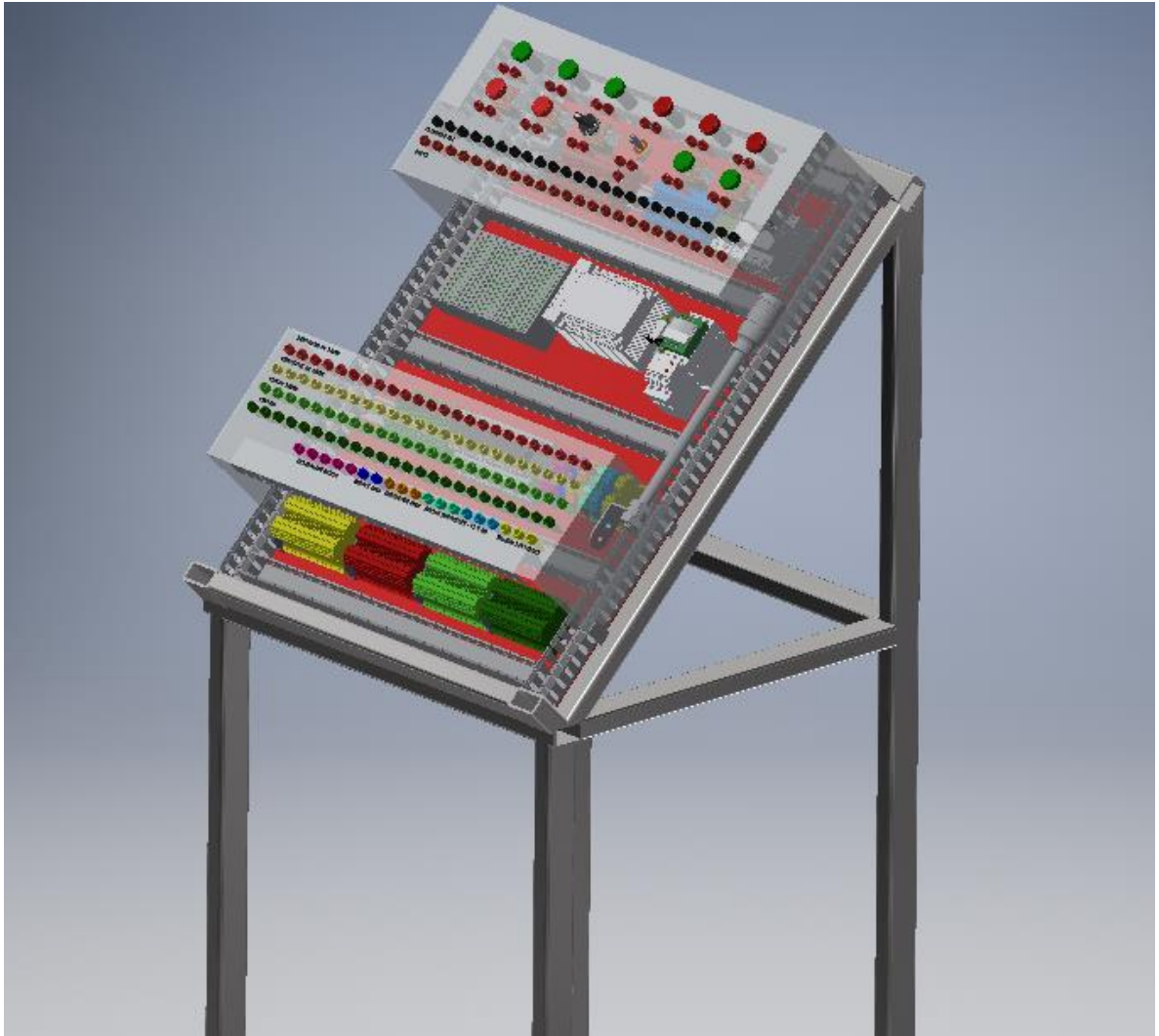
En las siguientes imágenes podemos ver el gabinete totalmente terminado, con todos sus componentes ensamblados, además podemos observar otros componentes como son, los riel DIN, las canaletas ranuradas, borneras, separadores de bornera y breaker de 4 líneas, junto con el rele termico del contactor, la estructura se posa encima de la mesa a los quedando a 45 grados, de inclinacion, el gabinete puede ser movido de la mesa facilmente y puesto sobre otros lugares, lo que permite ampliar las conexiones o conectar con otro tipo de equipos.

Ilustración 26. Diseño de estructura gabinete didactico – representacion elementos.



Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

Ilustración 27. Diseño de estructura gabinete didactico – gabinete y mesa



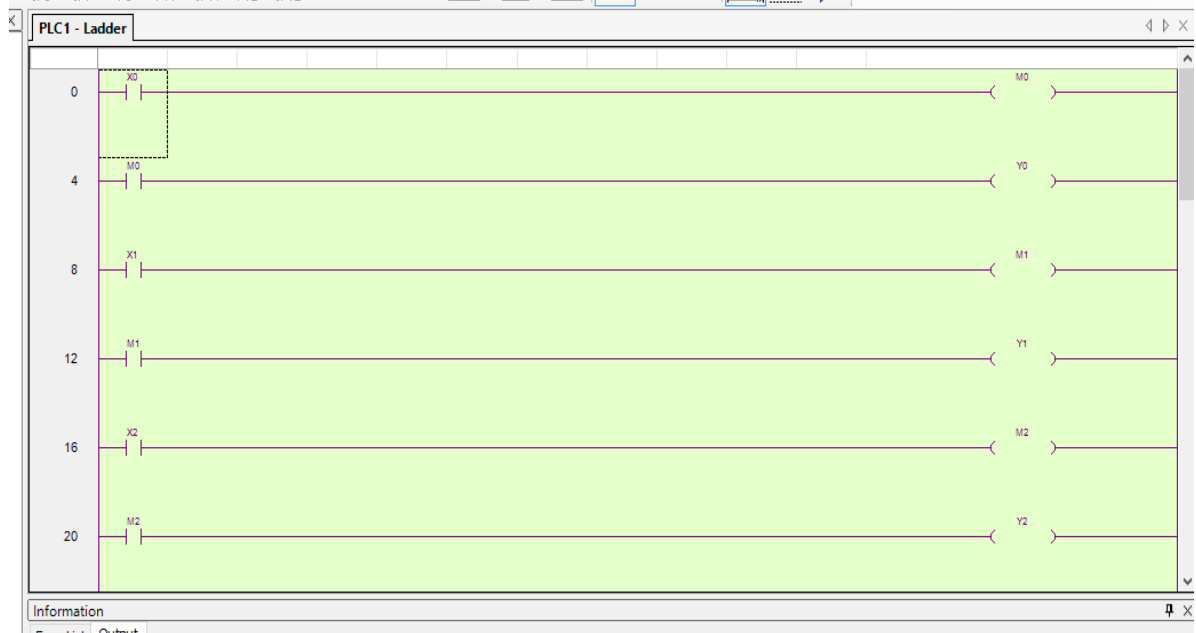
Fuente Autocad inventor – diseñado por Oscar Eduardo Gutierrez

### 3.5 PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO

En cuanto a la programación del equipo, debido a que la principal idea de este proyecto, es que el estudiante aprenda a programar el PLC como tal, el cual trabaja en idioma ESCALERA (LADDER), la programación se limitó a un simple código cuya función principal es que al activar las entradas, se activa al mismo tiempo las salidas, este simple código, sirve para probar el funcionamiento de los equipos y dar un inicio simple pero seguro al aprendizaje en el equipo.

El código usado es el siguiente:

Ilustración 28. Programación del PLC



Fuente XC series Program tool - Oscar Eduardo Gutierrez

Este tipo de programación consiste en diagramas de escalera los cuales son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales (de alimentación) y "escalones" (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones.

## CAPÍTULO 4. COMPONENTES ELÉCTRICOS, LEYES CIRCUITALES Y CÁLCULO DE PROTECCIONES

### 4.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS.

Para la eleccion de los componentes a utilizar en este proyecto, se hicieron dos cosas exactamente, una de ellas fue la encuesta los estudiantes de ingenieria mecatronica y a se cobnsulto a los docentes en el laboratorio de mecatronica, debido a esto se concluyo que el equipo debia llevar componentes de proteccion tanto en entradas como salidas, para facilitar el aprendizaje tambien se usaria los conectores tipo banana (macho y hembra), ademas de otros componentes usados constantemente en tableros de control industrial, los equipos y componentes son los siguientes:

- Baliza de señalización: elementos que permiten señalar una situación o estado alertándonos de que algo está sucediendo. El dispositivo debe contener una fuente de luz en su interior que se activa al recibir esta señal.

Ilustración 29. Baliza de señalizacion



Fuente (bilbiografia 18)

- Bananas hembra: conector eléctrico de un solo hilo utilizado para unir cables a equipos.

Ilustración 30. Conector tipo banana hembra



Fuente (Bibliografía 21 )

- Base para relevo sub-miniatura - UL5 pines

Ilustración 31. Base relevo



Fuente (Bibliografía 19 )

- Base para relevo UL5 pines

Ilustración 32. Base relevo miniatura



Fuente (Bibliografía 20 )

- Breaker 2 L: son aparatos esenciales para la seguridad de cualquier construcción que utilice un cableado eléctrico. Si hay demasiada electricidad, estos aparatos simplemente interrumpen el flujo eléctrico hasta que el problema sea solucionado.

Ilustración 33. Breaker 2L



Fuente (Bibliografía 33 )

- Breaker 3 L

Ilustración 34. Breaker 3L



Fuente (Bibliografía 33 )

- Canaleta ranurada: es un sistema de tubería que se usa para la protección y el enrutamiento del cableado eléctrico. El conducto eléctrico puede estar hecho de metal, plástico, fibra o barro cocido. Los conductos flexibles están disponibles para propósitos especiales.

Ilustración 35. Canaleta ranurada



Fuente (Bibliografía 22 )

- Clemas: Es un conector eléctrico recubierto por una carcasa de plástico en cuyo interior se aprisiona un cable contra una pieza metálica.

Ilustración 36. Clema



Fuente (Bibliografía 23 )

- Clemas porta fusible: Es un conector eléctrico recubierto por una carcasa de plástico en cuyo interior se aprisiona un cable contra una pieza metálica pero que además contiene un fusible para evitar sobre corrientes en el cableado.

Ilustración 37. Clema porta fusible



Fuente (Bibliografía 24)



- Contactor 3L CNTR 9AAC3 110VAC 1NA: Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia.

Ilustración 38. Contactor



Fuente (Bibliografía 11 )

- Fuente Switchada 24DC/150W: Dispositivo electrónico que transforma energía eléctrica mediante transistores en conmutación.

Ilustración 39. Fuente 24DC



Fuente (Bibliografía 25 )

- Pilotos de colores: indicadores de tipo óptico que proporcionan una señal luminosa relativa al funcionamiento de un sistema u órgano de un automóvil.

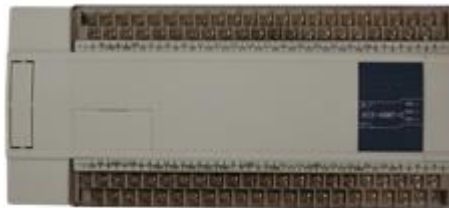
Ilustración 40. Piloto luminoso



Fuente (Bibliografía 17 )

- PLC THINGET XC32-32R-C: es un “cerebro” que activa los componentes de la maquinaria para que desarrollen actividades potencialmente peligrosas, difíciles o complejas para las personas.

Ilustración 41. PLC thinget



Fuente (Bibliografía 27)

Formato de Programa: Ladder, lista de instrucciones y lenguaje C

Capacidad de programa: 8000 Pasos

Número de entradas: 18

Tipo de entrada: Contacto libre de voltaje o NPN

Voltaje Señal de entrada: 24VDC +/- 10 %  
Número de salidas: 14  
Tipo de salida: Relé: 3A 250V AC / 30VDC Carga Resistiva; 80VA Carga Inductiva  
Máximos Puntos de Entrada y Salida: 228 ( 7 Módulos de Expansión )  
Bobinas Internas ( M ): 8,512  
Tiempo de Scan: 0 - 99 mS  
Reloj Tiempo Real: Si  
Puertos de Comunicación: COM 1: RS232  
COM2: RS-485  
Alimentación: 24VDC

- Potenciómetro lineal encapsulado: Son sensores de distancia resistivos que incorporan un cursor arrastrado por un vástago sobre una pista resistiva plástica, que provoca una variación de resistencia en los terminales de salida.

Ilustración 42. Potenciometro lineal



Fuente (Bibliografía 28 )

- Pulsadores: Un pulsador es un interruptor o switch cuya función es permitir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica de manera momentánea.

Ilustración 43. Pulsador



Fuente (Bibliografía 29)

- Relé térmico 0,63- 1 A LC1: Un relé térmico es un dispositivo de protección que funciona contra las sobrecargas y calentamientos, por lo que se utiliza principalmente en motores, con lo que se garantiza alargar su vida útil y la continuidad en el trabajo de máquinas, evitando paradas de producción y garantizando volver a arrancar de forma rápida.

Ilustración 44. Rele termico



Fuente (Bibliografía 30)

- Relevó miniatura UL5 pines DC: dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control.

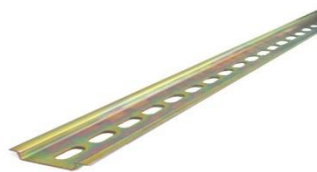
Ilustración 45. Relevó miniatura



Fuente (Bibliografía 31 )

- Riel din 15mm perforado: es una barra de metal normalizada. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando, tanto en aplicaciones industriales como en viviendas.

Ilustración 46. Riel din



Fuente (Bibliografía 32 )

- Selector 2 posiciones 22MM MET: Un selector eléctrico rotativo tiene la función de abrir o cerrar contactos de acuerdo con una posición seleccionada de manera manual

Ilustración 47. Selector



Fuente (Bibliografía 33 )

## 4.2 LEYES CIRCUITALES:

### 4.2.1 Código Eléctrico Colombiano NTC 2050:

Cualquier análisis que pretenda realizarse en el campo científico y tecnológico, debe obligatoriamente enmarcarse en los parámetros de la globalización establecidos a escala mundial. Por esta razón, el trabajo que se presenta bajo el contexto del Código Eléctrico Colombiano no puede ser ajeno a esta premisa.

Es importante resaltar el gran valor agregado que representa para el país el Código Eléctrico Colombiano, porque es la respuesta a las necesidades nacionales, en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en las diferentes etapas de diseño, construcción, inspección y puesta en marcha, basada en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan el uso seguro y confiable de las instalaciones eléctricas cubiertas en este Código. Los requisitos presentados en este Código propenden por el uso eficiente de la energía, obedeciendo a la necesidad imperiosa de preservar sus fuentes, como uno de los objetivos medioambientales que se deben lograr para evitar su agotamiento.

Del anterior código se usan los siguientes artículos:

#### 4.2.1.1. Artículo 409 tableros de control industrial:

Este artículo trata de los paneles de control industrial proyectados para uso general y que funcionan a 1 000 V o menos.

#### 4.2.1.2. Artículo 430 motores, circuitos de motores y controladores:

Este artículo trata sobre los motores, los conductores de los alimentadores y circuitos ramales de los motores y de su protección, sobre la protección contra sobrecargas de los motores, sobre los circuitos de control de los motores, de los controladores de los motores y de los centros de control de motores.

### 4.3 CALCULO PARA LAS PROTECCIONES:

ALIMENTACION: como alimentacion del equipo se usan dos entradas las cuales cuentan con dos breakers para proteccion, uno de ellos es un breaker de 2 lineas que da paso de energia a una fuente de 24 vdc de 150 w, este valor de potencia es una recomendacion que dio uno de los docentes, esta fuente alimenta no solo al PLC si no tambien a las salidas de 24vdc, y los rele, el breaker que la protege es de 10 Amperios ya que el equipo tiene un consumo de 6.5 amperios.

Para el segundo breaker, que se encarga de la alimentacion de un contactor de 3 lineas y su rele termico, se uso un valor de proteccion de 20 amperios ya que la funcion de esta parte del circuito es que si se desea se pueda alimentar un motor para controlar su arranque desde el PLC.

#### ENTRADAS DE PLC:

Para las entradas del plc se usaron borneras con fusible, debido a que el PLC puede ser cambiado y no limitarse solamente al thinget, el Amperaje maximo que toleran los fusibles es 1 Amperio pero pueden ser reemplazados según el equipo.

#### SALIDAS DEL PLC:

Para las salidas optamos por que no alla una conexión entre ellas y los otros equipos, esto lo logramos usando los rele, las salidas del PLC solo activaran los rele asi evitamos cortos o cualquier otro daño, igualmente si es necesario se puede desensanblar para alguna practica diferente por parte del aprendiz.

#### 4.4 MANUAL DE ENSAMBLAJE

El gabinete didactico para PLC, cuenta con una serie de documentos y videos, que le permiten al operario de ensamble, realizar de manera simple y guiada el montaje, conexión y programacion de los equipos, para el ensamblaje se cuenta con el diseño y un video que muestra el despiece paso a paso, en cuanto a la parte electrica del equipo, se cuenta con diagramas electricos con indicadores de colores que le permiten al operario comparar tanto el diseño como el circuito, para la programacion,al igual que en el manual, se debe tener en cuenta que si se desea realizar se debe contar con todos los componentes del PLC, ya se cableado y software correcto, el codigo que se entrega es directamente para el PLC TINGHET, en caso de que se instale otro equipo en el diseño, la programacion base dependera del encargado de ensamblaje.



## ANÁLISIS DE RESULTADO

Con el motivo principal, de facilitar el alcance y creacion de dicho equipo, se recibio la recomendación por parte de algunos docentes, que las cotizaciones de todos los componentes se realizaran en las empresas del país, en este caso recurrimos ha empresas que tuvieran la mayoría de equipos en su catalogo.

### Ilustración 48. Presupuesto

Componentes	Empresa	Cantidad	Costo c/u	costo con iva	Costo total
Baliza de señalizacion	Electricas Bogota	1	\$70.000	\$83.300	\$83.300
bananas hembra	Electricas Bogota	188	\$2.000	\$2.380	\$447.440
base o tapa acrilico inferior	Electricas Bogota	1	\$30.000	\$35.700	\$35.700
Base o tapa acrilico superior	Electricas Bogota	1	\$30.000	\$35.700	\$35.700
Base para relevo subminiatura-UL5 pines	Electricas Bogota	25	\$23.940	\$28.489	\$712.215
base para relevo UL5 pines	Electricas Bogota	1	\$8.820	\$10.496	\$10.496
breaker 2 L	Electricas Bogota	1	\$34.000	\$40.460	\$40.460
breaker 3 L	Electricas Bogota	1	\$45.900	\$54.621	\$54.621
canaleta ranurada	Todo electricos	6,0m	\$16.800	\$16.800	\$50.400
clemas	Todo electricos	171	\$2.300	\$2.300	\$393.300
clemas porta fusible	Todo electricos	24	\$4.500	\$4.500	\$108.000
contactor 3L CNTR 9AAC3 110VAC 1NA	Electricas Bogota	1	\$13.300	\$15.827	\$15.827
Fuente Switchada 24DC/150W	Electricas Bogota	1	\$105.000	\$124.950	\$124.950
Herrajes para tapas de acrilico		2	\$10.000	\$11.900	\$23.800
piloto rojo	Electricas Bogota	3	\$5.000	\$5.950	\$17.850
piloto verde	Electricas Bogota	3	\$5.000	\$5.950	\$17.850
Placa metalica de 810mmx630mmx3mm		1	\$100.000	\$119.000	\$119.000
PLC THINGET XC3-32R-C	Electricas Bogota	1	\$626.400	\$745.416	\$745.416
Potenciometro lineal encapsulado	Electricas Bogota	1	\$72.080	\$85.775	\$85.775
PULSADOR NA 22MM VERDE	Electricas Bogota	2	\$7.630	\$9.080	\$18.159
PULSADOR NC 22MM ROJO	Electricas Bogota	2	\$7.630	\$9.080	\$18.159
rele termico 0,63- 1 A LC1	Electricas Bogota	1	\$11.900	\$14.161	\$14.161
relevo miniatura UL5 pines DC	Electricas Bogota	1	\$30.000	\$35.700	\$35.700
Relevo sub miniatura-UL5 pines 24 DC	Electricas Bogota	24	\$8.050	\$9.580	\$229.908
Riel din 15mm perforado	Electricas Bogota	2,40m	\$4.200	\$4.998	\$11.995
selector 2 posiciones 22MM MET	Electricas Bogota	1	\$22.500	\$26.775	\$26.775
separador clema	Electricas Bogota	14	\$3.000	\$3.570	\$49.980
soporte de montaje lateral para balizas	Electricas Bogota	1	\$20.000	\$23.800	\$23.800
Mesa metalica para modulo		1	\$700.000	\$833.000	\$833.000
Total Equipos					\$4.383.738
Mano de obra y ensamblaje					\$2.191.869
Total proyecto y diseño					\$6.575.607

Fuente – Oscar Eduardo Gutierrez giraldo – esta investigacion

## CONCLUSIONES

- Se logra crear el diseño de un gabinete para cualquier tipo de autómata programable, el cual consta de elementos de control y potencia lo que permite una versatilidad al instante de construir una determinada práctica, pues no depende totalmente del uso del PLC, dicho equipo es de fácil traslado gracias al diseño modulado.
- Un inconveniente que se presenta al diseñar equipos didácticos es que además de contar con los requerimientos que se ajusten tanto a estudiantes como docentes, requieren que todos sus componentes puedan ser utilizados de muchas formas, procesos y que puedan ser intercambiables para una mejor enseñanza, supliendo este requisito, todos los elementos del equipo se montaron en rieles con sus respectivas borneras, con el fin de que puedan desmontarse, reemplazarse o incluso agregar más de ellos, además de que se montaron algunos elementos demás para conexiones en caso de que la actividad lo amerite.
- El uso de los conectores tipo banana se debe a que son fácilmente operables por cualquier persona, no requiere que el operario haga trabajos sobre el cableado y permite una operación rápida y segura, de igual forma el estudiante puede prescindir de ellos en caso de ser necesario, los conectores de tipo banana que se usaron en el proceso, manejan varios tipos de colores, con el fin de diferenciar los equipos, salidas y entradas de voltaje, lo que ayuda al estudiante en la identificación y correcta operación.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable el uso de colores tanto en borneras como en bananas para ayudar a distinguir componentes durante ensamble del equipo y las prácticas de los estudiantes.
- Se recomienda el uso de los relés mini debido al ahorro de espacio y rapidez en sus accionamientos.
- Se recomienda que todas las uniones de los diferentes componentes del equipo sean fáciles de montar y desmontar, con el fin de facilitar el aprendizaje y reemplazo de cada componente.
- Se recomienda que el cableado usado en el equipo use terminales tipo U y tipo pin, además de indicadores de conexión.
- Se recomienda que todo cambio echo en el montaje por parte del ensamblador, sea igualmente modificado en los planos de diseño y en el diagrama eléctrico anexado, con el fin de tener una guía para futuros daños o cambios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, S. (s. f.). Autodesk Inventor un sistema de diseño mecánico inteligente con modelado 3D | ARTÍCULOS | SECCIÓN ARTÍCULOS. Recuperado 21 de junio de 2020, de <http://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor-un-sistema-de-diseno-mecanico-inteligente-con-modelado-3d.html>
2. Autosolar. (s. f.). ¿Qué es un relé térmico? Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-rele-termico#:~:text=Un%20rel%C3%A9%20t%C3%A9rmico%20es%20un,a%20arrancar%20de%20forma%20r%C3%A1pida>
3. BANANA PLUG - Definición y sinónimos de banana plug en el diccionario inglés. (2020, 12 junio). Recuperado 20 de junio de 2020, de <https://educalingo.com/es/dic-en/banana-plug>
4. CARVAJAL. (2020). *Código Eléctrico Colombiano -NTC 2050. Segunda actualización* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 2). Bogotá, COLOMBIA: CARVAJAL.
5. Colaboradores de Wikipedia. (2020a, febrero 9). Carril DIN. Recuperado 21 de junio de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Carril\\_DIN](https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_DIN)
6. Colaboradores de Wikipedia. (2020b, febrero 18). Relé de estado sólido. Recuperado 21 de junio de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9\\_de\\_estado\\_s%C3%B3lido](https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_de_estado_s%C3%B3lido)
7. Colaboradores de Wikipedia. (2020c, marzo 10). Fuente conmutada. Recuperado 21 de junio de 2020, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente\\_conmutada](https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_conmutada)
8. Masterplc. (2020, 2 abril). SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN. Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://masterplc.com/programas/descargar-cade-simu/>
9. Montilla, X. (s. f.). Concepto de Breakers eléctricos. Recuperado 21 de junio de 2020, de [https://www.academia.edu/10884495/Concepto\\_de\\_Breakers\\_el%C3%A9ctricos](https://www.academia.edu/10884495/Concepto_de_Breakers_el%C3%A9ctricos)
10. PROGRAMACIÓN LADDER PLC BASICA. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2020, de <http://www.rocatek.com/downloads/Programacion%20Ladder.pdf>

11. ¿Qué es un Contactor? Funcionamiento, aplicación y elección del Contactor adecuado. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://www.electricasas.com/interruptores-llaves/contactores/>
12. ¿QUÉ ES UN PLC? ¿CÓMO FUNCIONA? ¿PARA QUÉ SIRVE? (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://srcsl.com/que-es-un-plc/>
13. Que son los Interruptores, Pulsadores, Conmutadores. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html>
14. Sensing. (2020, 18 marzo). Potenciómetros lineales. Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://sensores-de-medida.es/medicion/sensores-y-transductores/sensores-de-distancia/potenciometros-lineales/#:%7E:text=Son%20sensores%20de%20distancia%20resistivos,los%201000mm%2C%20seg%C3%BAn%20las%20series.>
15. Team, W. (2016, 3 mayo). Balizas de señalización. Recuperado 21 de junio de 2020, de <http://balizaluminosa.withled.com/balizas-de-senalizacion/>
16. TESTIGO LUMINOSO - Definición - Significado. (s. f.). Recuperado 21 de junio de 2020, de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/testigo-luminoso-definicion-significado/gmx-niv15-con195719.htm#:~:text=TESTIGO%20LUMINOSO%20%2D%20Definici%C3%B3n%20%2D%20Significado,u%20%C3%B3rgano%20de%20un%20autom%C3%B3vil.>
17. [Ilustración]. (s. f.). *Pilotos de colores*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/17522\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/17522_e.jpg)
18. [Ilustración]. (s. f.). *Baliza fija LED Ø36mm*. Recuperado de <http://www.electricasbogota.com/detalles/balizas/2131-17720>
19. [Ilustración]. (s. f.-a). *Base para relevo*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/51205\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/51205_e.jpg)
20. [Ilustración]. (s. f.-b). *Base para relevo*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/51190\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/51190_e.jpg)
21. [Ilustración]. (s. f.). *Bloques o terminales*. Recuperado de [https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1xTS\\_Xbr1gK0jSZR0q6zP8XXaX/10-Uds-bloques-terminales-4mm-amplificador-Terminal-conector-vinculante-Post-Banana-enchufe-montura-de-clavija-5.jpg](https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1xTS_Xbr1gK0jSZR0q6zP8XXaX/10-Uds-bloques-terminales-4mm-amplificador-Terminal-conector-vinculante-Post-Banana-enchufe-montura-de-clavija-5.jpg)

22. [Ilustración]. (s. f.). *Canaletas ranuradas*. Recuperado de <https://www.unex.net/CL/Cat%C3%A1logo/Canaletas-ranuradas-77-U23X.pdf>
23. [Ilustración]. (s. f.). *Clemas*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/35827\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/35827_e.jpg)
24. [Ilustración]. (s. f.). *Clemas para fusible*. Recuperado de [https://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/1492-H6\\_NEMAFuseTerminalBlock\\_left2-large\\_312w255h.jpg](https://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/1492-H6_NEMAFuseTerminalBlock_left2-large_312w255h.jpg)
25. [Ilustración]. (s. f.). *Fuente Switchada 24DC/150W*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/43369\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/43369_e.jpg)
26. [Ilustración]. (s. f.). *Fuente switchada - riel DIN - 120W*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/00907\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/00907_e.jpg)
27. [Ilustración]. (s. f.). *PLC THINGET XC32-32R-C*. Recuperado de [http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/68076\\_e.jpg](http://www.electricasbogota.com/imagenes/productos/enlarge/68076_e.jpg)
28. [Ilustración]. (s. f.). *Potenciómetro lineal*. Recuperado de [https://www.microkitselectronica.com/895-large\\_default/potenciometro-lineal-100k-10-vueltas.jpg](https://www.microkitselectronica.com/895-large_default/potenciometro-lineal-100k-10-vueltas.jpg)
29. [Ilustración]. (s. f.). *Pulsador*. Recuperado de [https://cncrepowering.com.co/1218-large\\_default\\_2x/pulsadores-base-metalica-o22mm-ebchq.jpg](https://cncrepowering.com.co/1218-large_default_2x/pulsadores-base-metalica-o22mm-ebchq.jpg)
30. [Ilustración]. (s. f.). *Relé térmico*. Recuperado de [https://www.ecured.cu/images/thumb/1/12/Rel%C3%A9\\_t%C3%A9rmico.JPG/G/260px-Rel%C3%A9\\_t%C3%A9rmico.JPG](https://www.ecured.cu/images/thumb/1/12/Rel%C3%A9_t%C3%A9rmico.JPG/G/260px-Rel%C3%A9_t%C3%A9rmico.JPG)
31. [Ilustración]. (s. f.). *Relevo miniatura UL5 pines DC*. Recuperado de <https://www.viaindustrial.com/imagenes/prod/P105687.JPG?v=0,7055475>
32. [Ilustración]. (s. f.). *Riel din perforado*. Recuperado de [https://cncrepowering.com.co/1056-large\\_default\\_2x/riel-din-perforado.jpg](https://cncrepowering.com.co/1056-large_default_2x/riel-din-perforado.jpg)
33. [Ilustración]. (s. f.). *Selector mecánico*. Recuperado de [https://adajusa.es/9732-large\\_default/selector-metalico-3-posiciones-con-retorno-2-contactos-abiertos-na-completo.jpg](https://adajusa.es/9732-large_default/selector-metalico-3-posiciones-con-retorno-2-contactos-abiertos-na-completo.jpg)
34. Relé de estado sólido, recuperado de: <https://www.infootec.net/rele-estado-solido/>[13]

35. ¿que es un fusible y para que sirve?, recuperado de:  
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-fusible/> [12]
36. Lopez m, los medios didácticos como facilitadores del aprendizaje, (2014),  
recuperado de <http://200.23.113.51/pdf/30671.pdf> [1]
37. Hernández, L. (2011, diciembre 2). LOS MATERIALES DIDÁCTICOS!!  
Recuperado 23 de mayo de 2020, de <http://lupis-hernandez.blogspot.com/2011/12/los-materiales-didacticos.html>
38. C. (s. f.). 1.1 Ensayo “Historia Del Autómata Programable”. Recuperado 20  
de mayo de 2020, de <https://www.scribd.com/document/384769765/1-1-Ensayo-Historia-Del-Automata-Programable>

ANEXO  
ENCUESTA

1. La primera pregunta está enfocada en qué semestre se encuentra la persona entrevistada, de esta manera poder estimar su nivel de conocimiento en cuanto a los PLCs.

Ilustración 49. Encuesta pregunta 1

---

**Necesidades de los estudiantes de  
Ingeniería Mecatrónica de la UTP en el  
aprendizaje de los Controladores  
Lógicos Programables (PLC)**

LA SIGUIENTE ENCUESTA ESTÁ DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA DE PEREIRA, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE MECATRÓNICA, CON EL  
FIN DE DEFINIR CUALES SON LAS NECESIDADES DE LOS ESTUDIANTES EN EL  
APRENDIZAJE DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y ASÍ PODER ESTABLECER  
LOS REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE UN GABINETE DIDÁCTICO PARA EL PLC  
(proyecto de grado de tecnología )

\*Obligatorio

---

¿En qué semestre se encuentra actualmente? \*

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

☐ 8

☐ 9

☐ 10

Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))



2. Las preguntas 2,3,4 buscan determinar qué tan importante es para el estudiante conocer y/o aprender sobre los PLC, si ha tenido la experiencia con uno y además saber cuáles han sido las dificultades que han tenido con estos equipos al momento de su aprendizaje en el laboratorio.

Ilustración 50. Encuesta preguntas 2,3,4

---

¿Del 1 al 5 que tan importante es para usted aprender a operar correctamente los controladores lógicos programables? \*

	1	2	3	4	5	
poco importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy importante

---

¿Ha tenido usted la oportunidad de usar alguno de los PLCs del laboratorio de mecatrónica? \*

☐ Sí

☐ No

---

¿Qué dificultades ha tenido a la hora de usar los equipos de control lógico programable (PLC) del laboratorio de mecatrónica? \*

Tu respuesta

---

Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

3. Las preguntas 5 y 6 buscan establecer cuales elementos serán importantes al momento de crear el gabinete y si se hace necesario su diseño y creación para el proceso de aprendizaje según los estudiantes.

Ilustración 51. Encuesta preguntas 5 y 6

¿Marque cual o cuales de los siguientes componentes le parece importantes para tener un correcto aprendizaje del PLC? \*

- ☐ Borneras o clemas
- ☐ Fuentes de alimentacion
- ☐ Relés electromecánicos
- ☐ Reles de estado solido
- ☐ Pulsadores
- ☐ Selectores
- ☐ Fusibles
- ☐ Balizas de señalizacion
- ☐ Pilotos luminosos
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_

---

¿Cree usted que la creación de un gabinete didáctico con equipos de control y potencia para el controlador lógico programable (PLC) es una buena opción para reforzar el aprendizaje de dicho equipo? \*

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_

Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

4. Las preguntas 7,8,9,y 10 buscan establecer cuáles han sido los errores más comunes cuando se opera un PLC, además fallas o problemas debido a su operación y si al crearse un equipo que permita aprender de manera didáctica se necesite un manual para su operación.

Ilustración 52. encuesta preguntas 7,8,9 y 10

---

Mencione cuales son los errores más comunes que se cometen al operar los PLCs en el laboratorio de ingeniería mecatrónica. \*

Tu respuesta

---

Menciona que fallas, daños o problemas encuentra en el PLC al momento de realizar su operación \*

Tu respuesta

---

¿Cree usted que el uso de conectores tipo banana, facilita el aprendizaje en los equipos didácticos? \*

☐ Sí

☐ No

☐ Tal vez

---

¿En caso de que se diseñe el gabinete didáctico para PLC, considera usted que es buena idea la creación de un manual? \*

☐ Sí

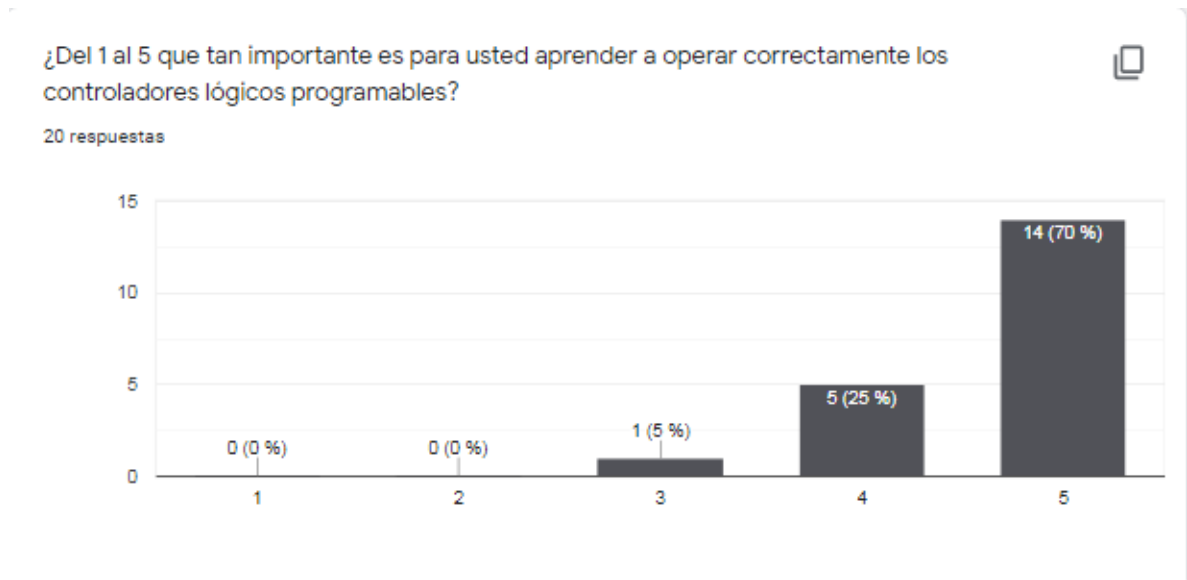
☐ No

☐ Tal vez

Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Esta encuesta se envió por correo electrónico a los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecatrónica, se obtuvieron 20 respuestas, obteniendo así el siguiente resultado:

Ilustración 53. encuesta – resultado 1



Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Para un 70% de los estudiantes encuestados es necesario e importante aprender a manejar los controladores lógicos, ningún estudiante encuestado considera que no es importante acceder a este tipo de conocimiento, se puede inferir que en el transcurso de su carrera y para el desarrollo de la misma el conocer, manejar o al menos haber tenido un mínimo de experiencia con un PLC es importante para los futuros ingenieros Mecátronicos, y en esa medida encontramos que el 80% de los estudiantes han tenido la posibilidad de usar un PLC en un laboratorio, es decir que la universidad brinda los espacios necesarios para completar la formación académica de los estudiantes de Mecatronics.

#### Ilustración 54. encuesta – respuestas 2



Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Sin embargo al estar en contacto con el PLC y en un ambiente de laboratorio, los estudiantes expresan que se encuentran con varias dificultades al momento de aprender, muchos de ellos consideran que los equipos se encuentran en mal estado debido a falta de manuales para su uso y en su mayoría debido a malas conecciones, esto conlleva que algunos equipos del laboratorio se encuentren dañados, incompletos y en malas condiciones para prestar un optimo servicio de aprendizaje para los estudiantes, de esta forma se puede inferir que es necesario un instrumento que ayude a cuidar estos elementos y también que le permita al estudiante aprender sin dañarlos, donde se estructuren y hayan manuales de uso ya que como podemos ver en la encuesta muchos de los estudiantes consideran que no se tiene un manual donde indique como operar el PLC.

### Ilustración 55. encuesta – respuesta 3

¿Qué dificultades ha tenido a la hora de usar los equipos de control lógico programable (PLC) del laboratorio de mecatrónica?

20 respuestas

Problemas de conexión - problemas de software - problemas del equipo
Cableado incorrecto, con colores que ayuden identificación, borneras en mal estado, pocos pulsadores y pilotos, complejidad a la hora de prácticas por ubicación o espacios.
Tengo muy poco conocimiento sobre las conexiones y programación del dispositivo.
la instalación del software, aprendizaje de la interfaz, algunos tienen el puerto de conexión malo
muchas de las entradas y salidas estaban quemadas o el tornillo que apretaba el cable estaba rodado
Pocos equipos, equipos dañados
NA
Equipos dañados, entradas quemadas, falta de manuales
equipos escasos. no hay componentes para conexiones. no hay manuales

Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

#### Ilustración 56. encuesta – respuesta 4

equipos escasos, no hay componentes para conexiones, no hay manuales
Equipos dañados, entradas quemadas, falta de manuales
poco conocimiento sobre las conexiones y programación del dispositivo.
equipos dañados, no hay fuentes, modulos para interconexion dañados
Cableado incorrecto, con colores que ayuden identificación, borneras en mal estado, pocos pulsadores y pilotos, complejidad a la hora de prácticas por ubicación o espacios.
Muy limitados en cuanto a las capacidades ya que en su mayoría estan defectuosos debido a cortos cometidos al conectarlos
Pocos equipos
falta de manuales

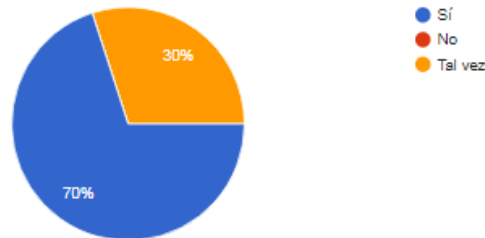
Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILg7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Por lo anterior es comprensible que al menos un 70% de los estudiantes encuestados consideren que es una buena opción tener un gabinete didactico que les permita reforzar el aprendizaje de PLC, con este se podría evitar equipos dañados, malas conexiones y de este modo se podría mejorar el ambiente de aprendizaje en el laboratorio y lograr que el 20% de los estudiantes que no han tenido la oportunidad de manejar un PLC lo haga con mejores herramientas de aprendizaje.

### Ilustración 57. Encuesta – respuesta 5

¿Cree usted que la creación de un gabinete didáctico con equipos de control y potencia para el controlador lógico programable (PLC) es una buena opción para reforzar el aprendizaje de dicho equipo?

20 respuestas



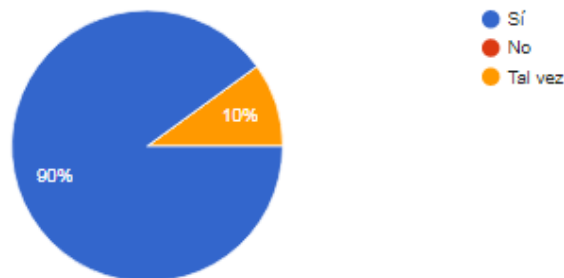
Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Y por último, como el resultado de la encuesta lo muestra, en la creación del gabinete es importante que éste venga con un manual de funciones que le permita al estudiante tener una curva de aprendizaje mucho más rápida y con menores errores de operación.

### Ilustración 58. Encuesta – respuesta 6

¿En caso de que se diseñe el gabinete didáctico para PLC, considera usted que es buena idea la creación de un manual?

20 respuestas



Fuente ([https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j\\_I/edit](https://docs.google.com/forms/d/1TLKUW4-bMCmtqILgL7HC697xO410hKROVfCo3Y7j_I/edit))

Al menos un 90% de los encuestados considera que es necesario un manual de funciones para el gabinete didáctico.